

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

Návrh obnovy vozidlového parku firmy

Proposal of Company Vehicle Fleet Recovery

Student:

Filip Mandřák

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jana Míková, Ph.D

Ostrava 2011

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy

Zadání bakalářské práce

Student: **Filip Mandřák**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2301R003 Dopravní technika a technologie
Specializace: 10 Dopravní technika
Téma: **Návrh obnovy vozidlového parku firmy**
Proposal of Company Vehicle Fleet Recovery

Zásady pro vypracování:

Cíl: Analýza současného stavu stáří vozidel, výpočet optimální doby života vozidel a návrh způsobu obnovy vozidlového parku.

Osnova:

1. Úvod.
2. Charakteristika parku vozidel.
3. Metodika stanovení horní hranice pro vyřazení vozidla.
4. Výpočet optimální doby života vozidel.
5. Návrh postupu obnovy vozidlového parku, ekonomické zhodnocení.
6. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Daněk, A., Široký, J., Famfulík, J.: Výpočetní metody obnovy dopravních prostředků. Ostrava: VŠB – TU Ostrava. 2000. ISBN 80-86122-41-7.
2. Daněk, A., Široký, J.: Teorie obnovy dopravních prostředků. Ostrava: VŠB – TU Ostrava. 1998. ISBN 80-7078-568-3.
3. ČSN IEC 300-3-3.(01 0690). Analýza nákladů životního cyklu. 1997.
4. Daněk, A., Bronček, M., Janošec, J., Jurák, J.: Opravárenství silničních vozidel. Ostrava: VŠB – TU Ostrava. 2002. ISBN 80-7078-779-1.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jana Míková, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne: 19. 9. 2011

.....Daudal Filip.....

podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB–TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB–TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB–TUO.
- было́ сже́днано, že s VŠB–TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- было́ сже́днано, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB–TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB–TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do její skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 19. 9. 2011

.....*Daudal Filip*.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Filip Mandřák

Adresa trvalého pobytu autora práce: Václavov 83, 789 01, Zábřeh

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

MANDÁK, F. *Návrh obnovy vozidlového parku firmy: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, detašované pracoviště Šumperk, 2011, 37 stran. Vedoucí práce: Ing. Jana Míková, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá stanovením optimální doby životnosti vozidel a návrhem obnovy vozidlového parku firmy. Vozidla jsou majetkem Správy silnic Olomouckého kraje, přísp. organizace. K analýze bylo vybráno 15 nákladních silničních vozidel. Teoretická část je věnována popisu různých metod, kterými lze zjistit a vyčíslit, které z popisovaných vozidel je v této době již pro firmu zátěží jak po ekonomické straně, tak i po ekologické. Praktická část obsahuje výpočty potřebné pro určení optimální doby vyřazení vozidel z majetku firmy. K výsledkům se došlo pomocí metody exponenciálních trendů a u vybraných vozidel i metodou stanovení horní hranice pro vyřazení vozidla. Závěr je doporučením nákupu nových vozidel v závislosti na uvedených výpočtech.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

MANDÁK, F. *Proposal for Renewal of Company's Vehicle Fleet: Bachelor thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport, detached workplace in Šumperk, 2011, 37 pages. Tutor: Ing. Jana Míková, Ph.D.

This Bachelor Thesis deals with the determination of the optimum service life of vehicles and proposal for renewal of a company's vehicle fleet. The owner of the vehicles is the Road Administration of the Region of Olomouc, a subsidized organization. 15 company's road trucks were analyzed. The theoretical part contains descriptions of various methods by means of which it is possible to establish and to quantify vehicles that have become a burden for the company, both economically and ecologically. The practical part comprises calculations enabling the determination of the optimum time that the vehicles should be retired. To obtain the results, the method of exponential trends was used, and the method of determination of the upper limit of a vehicle retirement was also applied with selected vehicles. In the conclusion the purchase of new vehicles is recommended on the basis of the provided calculations.

Obsah

strana

Slovník znaků, symbolů a zkratk	3
Úvod.....	4
1 Charakteristika parku vozidel	5
1.1 Provoz vozidel	5
1.2 Současný stav vozidel.....	6
1.3 Charakteristika firmy	9
1.4 Popis jednotlivých vozidel.....	12
1.4.1 Tatra T815 4x4 TerrN°1	12
1.4.2 Mercedes – Benz Axor.....	15
1.4.3 Kia K2500	15
2 Výpočet optimální doby života vozidel.....	17
2.1 Náklady životního cyklu výrobku (LCC – life cycle cost).....	17
2.2 Metodika spojitých trendů	18
2.2.1 Metoda exponenciálních trendů	18
3 Metodika stanovení horní hranice pro vyřazení vozidla	21
4 Výpočty životnosti vozidel	24
4.1 Uvedení vzorového příkladu pro vozidlo Mercedes – Benz Axor, inv. č. 4113	24
4.2 Uvedení vzorového příkladu pro vozidla Kia K2500, inv. č. 4364; 4365; 4366 a 4367	26
5 Návrh postupu obnovy vozidlového parku, ekonomické zhodnocení	28
6 Závěr.....	32
Použitá literatura	34
Seznam příloh	35
Seznam tabulek	35
Seznam obrázků:	36
Seznam grafů:	36
Přílohy	39

Slovník znaků, symbolů a zkratk

<i>Znak</i>	<i>Název</i>	<i>Jednotka</i>
A	amplituda udržovacích nákladů	[Kč]
A	parametr exponenciály	[-]
C	nákupní cena dopravního prostředku	[Kč]
$N_c(t)$	celková hodnota prostředku v čase (t)	[Kč]
$N_p(t)$	hodnota prostředku v čase (t)	[Kč]
N_p	pořizovací náklady vozidla	[Kč]
$N_u(t)$	náklady na údržbu prostředku v čase (t)	[Kč]
N_v	vlastní náklady vozidla	[Kč]
T_h	horní hranice pro vyřazení vozidla	[rok]
T_s	aritmetický průměr	[rok]
Z	matematická „testovací“ statistika	[-]
n	počet vozidel shodného typu	[ks]
n	počet pozorovaných hodnot	[-]
t	stáří vozidla	[rok]
t_{optim}	optimální životnost vozidla	[rok]
x	aritmetický průměr (T_s)	[rok]
x_i	doba optimální životnosti pro určité vozidlo	[rok]
x_i	souřadnice bodů	[-]
y_i	souřadnice bodů	[-]
α	hladina významnosti	[-]
α	koeficient poklesu zůstatkové ceny	[-]
α	parametr exponenciály	[-]
β	koeficient rychlosti nákladů na údržbu	[-]
δ_s	redukovaný rozptyl výběru	[-]
μ	populační průměr	[rok]

Úvod

V tomto tisíciletí si asi nikdo nedokáže představit život bez automobilů a dopravy jako takové. V mnohém nám, lidem, automobily usnadňují a zpříjemňují život, ovšem najdou se i stránky a chvíle, kdy bychom vozidlo nejraději neviděli. Tímto okamžikem může být zajisté porucha, tzn. stav, kdy vozidlo nemůže pokračovat v jízdě a nám, jakožto uživatelům vznikají časové potíže, zvýšení nákladů pro pokrytí odstranění poruchy a u osob, které potřebují automobil k živnosti, i snížení příjmů.

Doprava na našem území existuje od nepaměti. Pomohla tomu i zeměpisná poloha – stezkami na našem území procházely karavany přepravující cenné zboží. Od konce 12. století, kdy došlo ke zrušení otrokářství, se stezky začaly měnit v cesty. Řada králů si uvědomila, že cesta a zvláště její stav může ovlivnit obchody v městech, růst a zakládání nových měst a vznik nových odvětví. Války naopak stav silnic ničily a novým vládcům se muselo podařit zajistit dobrý stav cest. Proto od poloviny 18. století se můžeme poprvé setkat s pojmem „cestář“. A právě na „cestáře“ nebo také „silničáře“ je tato práce zaměřena.

Návrh obnovy vozidlového parku spočívá v tom, aby se omezil provoz starých a nebezpečných vozidel v provozu na pozemních komunikacích a také pro zjištění, kdy je pro firmu vhodné koupit vozidlo nové. Tímto krokem se nahradí vozidlo staré, které už nemá téměř žádnou tržní hodnotu a firmě jen zvedá náklady v odvětví provozu, poruch, preventivních údržeb a také náhradních dílů, u přestárých vozidel mnohdy těžce dostupných.

Tato práce je řešena pro vozový park Správy silnic Olomouckého kraje, přesněji pro cestmistrovství ve Zvoli, jejíž pracovní působnost zasahuje v jižní části šumperského okresu, kde má na starost silnici I/44 od Šumperka po Mohelnici a třeba i spojnici Zábřeh s východními Čechami.

1 Charakteristika parku vozidel

Pro určení obnovy je nutné provést analýzu stávajícího stavu vozidlového parku. Vozidlový park tvoří: Mercedes – Benz Unimog s 1 vozidlem, 3x Avia A30, 3x Škoda 706 MTSP 25, 6x Tatra 815 – z toho 4 vozidla s náhonem 4x4 (označovány též jako TerrN°1), 7 nosičů vyměnitelných nástaveb Mercedes - Benz Axor a 4x nákladní automobil kategorie N1 - Kia K2500.

Z uvedených 24 vozidel byla pro následující výpočty vybrána jen vozidla, která se pořídila po roce 2000 z důvodu získání potřebných dat. Firma v daném roce přešla na jiný systém účetnictví a starší záznamy již nešlo dohledat v počítačové verzi a jinak tomu nebylo ani v tištěné podobě, protože data starší více jak 10 let se likvidují z důvodu malých prostor skladu. Proto se v této práci vyskytují jen výpočty pro 15 vozidel.

Vozidla, která byla pořízena do roku 2000 sice stále plní svoji funkci, ale protože slouží mnohdy i více než 30 let (např. Avia A30 či Škoda 706 MTSP 25), evidentně překračují životnost, pro kterou je ani konstruktéři původně nenavrhli. Firma se tato vozidla snaží prodat a vyřadit je tak bez náhrady.

Z interních zdrojů firmy byly získány údaje o vozidlech, a to zejména počet vozidel, typy vozidel, stáří vozidel, nákupní ceny vozidel, odpisové hodnoty, a hlavně náklady na údržbu. Tyto údaje budou dále potřebné pro výpočet obnovy vozidlového parku.

1.1 Provoz vozidel

V době letní směny provozu firmy, který je od 1. 4. do 31. 10. (za normálních podmínek počasí) jsou vozidla provozována nepravidelně a to zejména podle druhu práce, která se má v jaký den vykonat a jaké příslušenství bude k činnosti potřeba. Vozidla jsou v tomto období v provozu jen 8 hodin denně.

Naproti tomu v době zimního období, které je od 1. 11. do 31. 3., jsou vozidla v provozu 23 hodin denně a zajišťují sjízdnost pozemních komunikací. V případě, kdy nesněží a teploty jsou nad bodem mrazu, řidiči čekají na povel dispečerů, kdy a kdo má vyjet na úpravu svého úseku. Nákladní vozidla jsou vybavena radlicemi a posypovým zařízením (naplněna štěrkem či chemickým posypem). Firma je vybavena i osobními vozidly, které potřebují pro svoji činnost dispečeri, kteří kontrolují sjízdnosti vozovek, jejich namrznutí, a zda je dodrženo procento posypu, což navíc hlídá i GPS systém v nákladních vozidlech. Ta jsou pomocí tohoto systému propojena se střediskem a dispečer má okamžitý přehled o aktuální poloze vozidla.

Firma si navíc sama hlídá provozuschopnost vozidel. Za technický stav vozidla jsou odpovědní řidič vozidla, společnost jakožto majitel vozidla a mistr dílen, který přejímá vozidlo po pracovní době. Vedle zákonem daných prohlídek vozidel jsou automobily i preventivně kontrolovány. V případě poruchy je možné vozidlo opravit v dílnách firmy, pokud to zručnost mechaniků nebo řidičů samotných a „banalita poruchy“ dovolí. V opačném případě putuje vozidlo do specializované opravny *PAS, a.s.* v Zábřeze.

1.2 Současný stav vozidel

Jak bylo výše uvedeno, společnost v současnosti disponuje 24 vozidly. Stáří vozidel je různé. Nejstarší vozidlo firmy je Avia A30 K s datem zařazení 1. 1. 1978, tj. 33 let staré vozidlo (inv. č. 4203), z řešených vozidel je nejstarším vozidlem Tatra T 815 TerrN°1, které bylo do majetku firmy zařazeno v roce 2002 (inv. č. 4509). Nejmladšími vozidly v této firmě jsou Mercedes-Benz Axor (inv. č. 4113; inv. č. 4717; inv. č. 4720), zařazené k počátku roku 2009.

Odpisové hodnoty vozidel klesaly vždy o stejnou částku, tj. lineárně. Firma poskytla informace o pořizovacích hodnotách vozidel i odpisové hodnoty platné pro prosinec roku 2010. Z těchto hodnot bylo zjištěno, že vozidla byla odpisována po 96 měsících a tento údaj je použit u výpočtu poklesu aktuální ceny každého vozidla.

V tabulce č. 1 jsou seřazena všechna vozidla firmy podle roku pořízení. Vozidla seřazená po Avii 31.1. N (včetně) zde slouží spíše pro orientaci ve vozidlovém parku a ke zdůraznění jednoduchosti oprav vyrobených vozidel.

Tabulka č. 1: Seznam vozidel podle data pořízení

Inv. číslo	Vozidlo	Rok zařazení	Pořizovací hodnota [Kč]
4203	Avia 30 K Sklápěč	1978	126 690
4713	Škoda 706 MTSP 25	1979	303 000
4725	Škoda 706 MTSP 25	1979	497 280
4201	Avia 30 K Sklápěč	1979	125 460
4708	Škoda 706 MTSP 25	1980	348 654
4502	Tatra 815 S 1	1983	495 210
4512	Tatra T 815	1989	375 503
4112	Mercedes-Benz Unimog	1995	4 474 972
4208	Avia 31.1 N	1999	90 525
4509	Tatra T 815 4x4 TerrN°1	2002	2 869 623
4510	Tatra T 815 4x4 TerrN°1	2003	3 029 260
4511	Tatra T 815 4x4 TerrN°1	2003	1 691 173
4364	KIA K 2500	2003	443 592
4707	Tatra T 815 4x4 TerrN°1	2004	2 842 600
4365	KIA K 2500	2004	507 147
4366	KIA K 2500	2004	505 734
4367	KIA K 2500	2005	542 790
4704	Mercedes-Benz Axor	2008	2 656 517
4705	Mercedes-Benz Axor	2008	3 054 960
4714	Mercedes-Benz Axor	2008	2 942 275
4719	Mercedes-Benz Axor	2008	3 105 861
4717	Mercedes-Benz Axor	2009	3 285 783
4720	Mercedes-Benz Axor	2009	2 719 031
4113	Mercedes-Benz Axor	2009	4 504 150

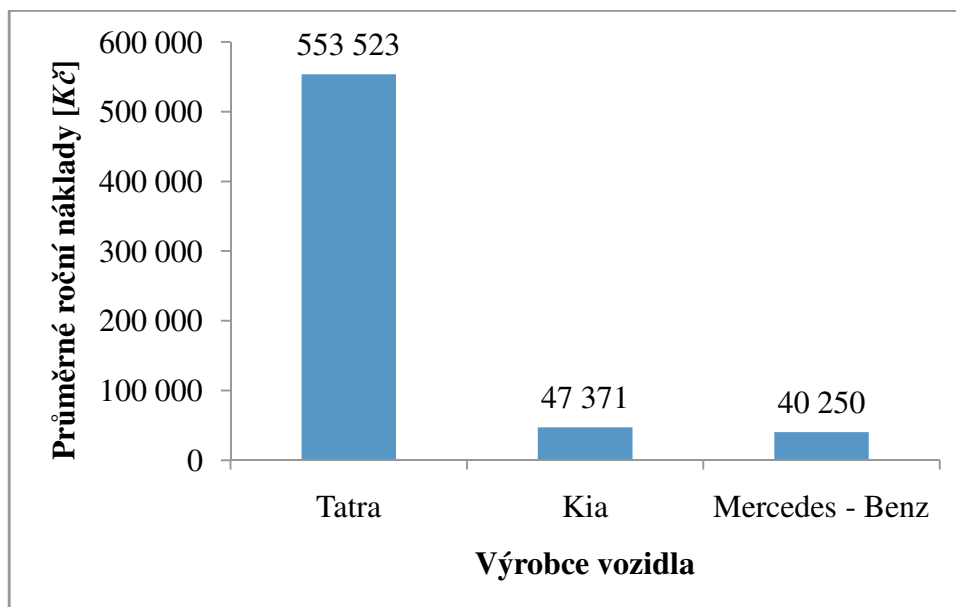
V následující tabulce jsou vozidla seřazena podle výrobce. Došlo ke zjištění průměrného stáří vozidel a k průměrným nákladům na údržbu na jedno vozidlo.

Tabulka č. 2: Vozidlový park

Výrobce vozidla	Počet vozů [ks]	Průměrné hodnoty	
		Stáří vozidel	Náklady na údržbu [Kč]
Tatra	4	8,5	553 524
Kia	4	7,5	47 371
Mercedes - Benz	7	3,07	40 250

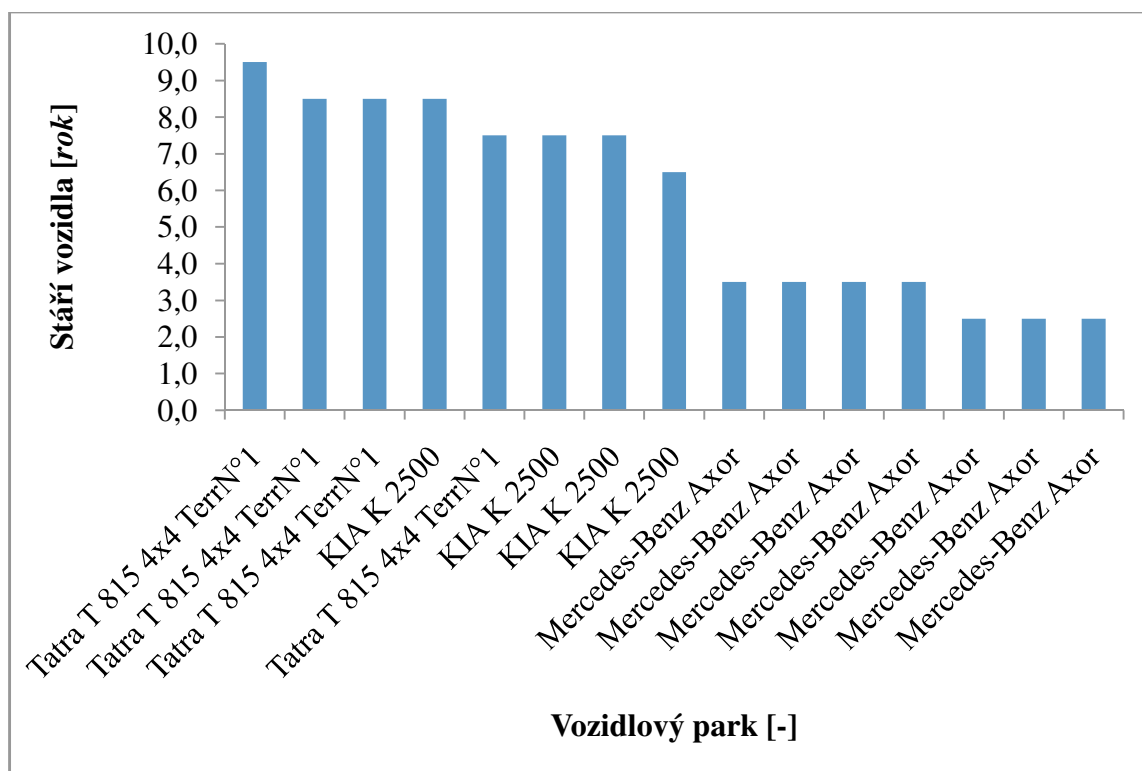
Z tabulky č. 2 došlo ke zjištění, že pro firmu by bylo optimálním stavem provozovat jen vozidla značky KIA, které plní funkci již 7 let za nejnižší průměrnou cenu oprav a údržby v porovnání s ostatními značkami. Tato vozidla ale nejsou primárně určena k údržbě pozemních komunikací a slouží pro přepravu většího počtu osob a s nimi i ručního nářadí a dopravního značení. Porovnávat vozidla Tatra a Mercedes – Benz není vhodné vzhledem k rozdílům ve stáří vozidel.

V grafu č. 1 jsou uvedeny průměrné roční náklady na údržbu jednotlivých značek vozidel.



Graf č. 1: Průměrné roční náklady na údržbu

V následujícím grafu je zobrazeno stáří vozidlového parku. Lze vidět, že firma v posledních letech preferuje nákup vozidel značky Mercedes – Benz. V minulosti se hojně kupovala vozidla Tatra kvůli jejímu vzduchem chlazenému motoru, který podle řidičů firmy pracoval skvěle při všech stylech jízdy a činnostech na vozovce.



Graf č. 2: Stáří vozidlového parku (platné k 1. 7. 2011)

1.3 Charakteristika firmy

Zřizovatel:	Olomoucký kraj, IČO 60609460
Název:	Správa silnic Olomouckého kraje, příspěvková organizace
Identifikační číslo:	70960399
Sídlo organizace:	Olomouc, Lipenská 120, PSČ 772 11
Územní působnost:	Olomoucký kraj
Pobočka (středisko údržby):	Zvole 260
Datum vzniku:	1. 4. 2002

Činnost dle:

zřizovací listiny příspěvkové organizace Olomouckého kraje č. j. H-325/2002 ze dne 1. 3. 2002, ve znění následných dodatků schválených Zastupitelstvem Olomouckého kraje

Příspěvková organizace vznikla splynutím příspěvkových organizací Olomouckého kraje, které byly zrušeny bez likvidace. Jedná se o Správu a údržbu silnic Olomouc, Správu a údržbu silnic Prostějov, Správu a údržbu silnic Přerov, Správu a údržbu silnic Šumperk.



Obrázek č. 1: Hlavní administrativní budova SSOK (zdroj: <http://www.ssok.cz/index.php>)

Vymezení hlavního účelu a předmětu činnosti:

- výkon vlastnických práv k silnicím, silničním pozemkům a k ostatnímu majetku Olomouckého kraje v souladu se zřizovací listinou,
- správa a údržba silnic II. a III. třídy ve vlastnictví Olomouckého kraje, jejich součástí a příslušenství,
- investiční činnost na spravovaném majetku v rozsahu zřizovací listiny,
- muzeální činnost v oblasti silničního hospodářství, jedná se především o provádění činnosti sbírkové, badatelské, propagační a publikační.

K zajištění předmětu hlavní činnosti jde zejména o tyto činnosti:

- vedení evidence silnic II. a III. třídy,
- zabezpečení prohlídek silnic II. a III. třídy,
- zabezpečení prohlídek mostních objektů na silnicích II. a III. třídy,

- údržba a opravy silnic II. a III. třídy s cílem odstranit závady ve sjízdnosti, opotřebení nebo poškození silnic, jejich součástí a příslušenství,
- údržba a opravy mostů na silnicích II. a III. třídy,
- investiční činnost na spravovaném majetku (jen s předchozím písemným souhlasem zřizovatele),
- další činnosti vyplývající z práv a povinností stanovených zákonem č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů a jeho prováděcí vyhlášky Ministerstva dopravy a spojů ČR č. 104/1997 Sb.

Doplňková činnost:

Mimo svou hlavní činnost je organizace oprávněna provádět doplňkovou činnost v rozsahu stanoveném zřizovací listinou a vydanými živnostenskými listy. K provádění doplňkové činnosti má organizace následující živnostenské listy:

- projektová činnost ve výstavbě,
- provádění staveb, jejich změn a odstraňování,
- specializovaný maloobchod.

Statutární orgány:

- Statutárním orgánem příspěvkové organizace je ředitel, kterého jmenuje a odvolává rada kraje.
- Ředitel jedná ve všech věcech, týkajících se příspěvkové organizace, samostatně. Plní veškeré povinnosti vedoucího organizace a další úkoly, vyplývající z obecně závazných právních předpisů.
- V případě nepřítomnosti jej zastupuje v plném rozsahu jeho práv, povinností a odpovědnosti jeho stanovený zástupce.

Vnitřní organizační struktura

Vnitřní strukturu tvoří:

- úsek ředitele,
- úsek provozní,

- úsek technicko-správní,
- úsek ekonomický,
- výkonné útvary.

Výkonné útvary - střediska údržby - nevystupují v právních vztazích vlastním jménem a na vlastní odpovědnost.

1.4 Popis jednotlivých vozidel

1.4.1 Tatra T815 4x4 TerrN°1



Obrázek č. 2: Tatra 815 4x4 (inv. č. 4510) [zdroj: autor]

Popis vozidla:

Podvozek je dvounápravový v provedení 4x4, se stálým pohonem obou náprav s možností zařazení uzávěrek nápravových diferenciálů a závěru děliče momentů. V oblasti pérování obsahuje přední náprava torsní tyče a hydraulické teleskopické tlumiče, zatímco zadní náprava je vybavena pneumatickými pružinami s automatickou regulací výšky podvozku v závislosti na zatížení a hydraulickými teleskopickými tlumiči.

Motor s označením Tatra T3C-928 je vzduchem chlazený a jedním turbodmychadlem přeplyňuje osmiválců s elektronickou regulací chlazení.

Vozidlo má jednolamelovou pružinovou spojku s hydraulickým ovládáním, seřizování vůle je automatické. Ze spojky je vyveden pomocný pohon.

Hlavní převodovka s označením 12TS160 je desetistupňová mechanická a řadit lze za pomoci vzduchového posilovače řadicí pákou. Normální a redukovaný chod se řadí elektropneumaticky s předvolicem na řadicí páce. Převodovka je uzpůsobena pro řazení 6. rychlostního stupně v přídatné převodovce, která je sestupná dvoustupňová a řaditelná za jízdy řadicí pákou.

V brzdovém systému je provozní tlak vzduchu 830 kPa. Systém je vybaven protiblokovacím zařízením ABS a brzdovými jednotkami PERROT s automatickým doseřizováním vůle mezi brzdovým obložením a brzdovým bubnem.

Pro tažení přívěsu je namontován samočinný závěs s Ø čepu 40 mm. Pomocný závěs na předním nárazníku pro tah v přímém směru je do maximální hmotnosti vozidla 28 500 kg. Na pomocném závěsu na zadním příčnicku rámu je dovoleno táhnout v přímém směru 145 kN.

Karoserie je tvořena trambusovou kabinou řidiče, která je sklopná pomocí hydraulického agregátu. Korbu je možno sklápět třístranně a její objem je 6,5 m³.

Tabulka č. 3: Technické údaje motoru Tatra T3C-928-80

Popis	Hodnota
Druh	naftový, vznětový, čtyřdobý s přímým vstřikem paliva, přeplňovaný jedním turbodmychadlem s chlazením plnicího vzduchu
Chlazení	vzduchem s elektronickou regulací
Počet válců	8 do V
Vrtání / zdvih [mm]	120 / 140
Objem válců [cm ³]	12 667
Kompresní poměr	17,5 : 1
Rozvod	OHV
Výkon [kW / ot.min ⁻¹]	270 / 1 800
Točivý moment [Nm / ot.min ⁻¹]	1 800 / 1 000
Max. otáčky při běhu motoru naprázdno [ot.min ⁻¹]	2 100
Volnoběžné otáčky [ot.min ⁻¹]	550 - 600
Základní nastavení předvstříku při startovací dodávce paliva	8° + 1° před HÚ
Otevírací tlak vstřikovačů paliva [MPa]	28

Výkon a točivý moment podle ECE-R85-00.

Motor je vybaven elektronicky řízeným zařízením pro usnadnění studeného startu a omezení vývinu bílého kouře po nastartování motoru.

1.4.2 Mercedes – Benz Axor



Obrázek č. 3: Mercedes – Benz Axor (inv. č. 4705) [zdroj: autor]

1.4.3 Kia K2500



Obrázek č. 4: Kia K2500 (inv. č. 4365) [zdroj: autor]

Silniční vozidlo pro přepravu nákladu o hmotnosti menší než 3,5 t a k přepravě šesti osob. Je vybaveno tažným zařízením pro zapřažení drtičky větví, které po zpracování padají přímo na nástavbu vozidla. Mimo tuto činnost zastane převážení dopravního značení a

ručního nářadí. Vůz je navíc vybaven i signalizačním zařízením tvaru šipky, takže na pozemní komunikaci dopředu informuje o provádění údržby na vozovce. Firma těmito vozidly disponuje od roku 2003.

Popis vozidla:

Rozměry:

Délka x šířka x výška [mm]:	5100 x 1750 x 2050
Rozvor [mm]:	2585
Rozchod - přední náprava [mm]:	1490
- zadní náprava [mm]:	1350
Světlá výška spodku vozu [mm]:	160
Rozměry ložné plochy (délka x šířka x výška) [mm]:	2870 x 1650 x 380
Pohotovostní hmotnost vozidla [kg]:	1625 ÷ 1670

Motor:

Pořadí vstřikování paliva:	1-3-4-2
Typ:	Diesel 4 Cycle
Zdvihový objem [cm ³]:	2957

Objemy náplní:

Motorový olej (s filtrem) [l]:	7,9
Chladicí kapalina [l]:	9,5
Olej do převodovky [l]:	2,2
Olej do diferenciálu [l]:	1,3
Palivová nádrž [l]:	60

Převodový poměr [-]:

1. převod:	4,117
2. převod:	2,272
3. převod:	1,425
4. převod:	1,000
5. převod:	0,871
Zpětný chod:	3,958

2 Výpočet optimální doby života vozidel

Pojem obnova byl dříve chápán jako souhrn cílevědomých činností, vedoucí k udržení či obnovení provozuschopnosti posuzovaného objektu. Ovšem nová názvoslovná norma IEC 50 (191) uvádí pod pojmem *obnova* jev, kdy objekt po poruchovém stavu opět získá schopnost plnit požadovanou funkci. Zde jsou uvedeny metody, které se zabývají obnovou vozidlového parku.

2.1 Náklady životního cyklu výrobku (LCC – life cycle cost)

Výrobce i provozovatel vozidel jsou nuceni hledat ekonomické úspory a proto je zapotřebí analyzovat životní cyklus vozidel. Posuzují se náklady spojené s pořízením vozidla, jeho provozem, opravami, údržbou, ale i likvidací. Nutná podmínka je doba provozu delší než 1 rok a pořizovací náklady vozidla představující menší část jeho celkových nákladů.

Náklady životního cyklu tvoří:

$$LCC = N_p + N_v \quad [Kč] \quad (I)$$

(vzorec převzat ze zdroje [1])

kde:

N_p - pořizovací cena (cena vozidla) [Kč]

N_v - náklady na provoz, údržbu, opravy a likvidaci vozidla [Kč]

Odhad LCC se provádí rozčleněním na jednotlivé nákladové položky a při odhadu položek se postupuje v následujících krocích:

1. rozčlenění vozidla na konstrukční části, skupiny, podskupiny,
2. rozčlenění na etapy životního cyklu, tj. na doby, kdy se má práce provést,
3. zařazení nákladů do kategorií, tj. např. náklady na pracovní sílu,
4. sestavení a posouzení různých variant uspořádání vozidla – vyhodnocením je např. ovlivněno rozhodnutí nakoupit díl nebo si jej sami vyrobit.

Nákladové položky ve vztahu ke spolehlivosti vozidla jsou:

- **náklady na nepohotovost**, jsou spojené se ztrátou funkce vozidla během jeho nepohotovosti, tj. doba, kdy je vozidlo v poruše,

- **záruční náklady**, dodavatel na základě smluvního ujednání provádí servis po dobu záruky, náklady se tímto ale promítnou do vyšší pořizovací ceny vozidla,
- **náklady z odpovědnosti za škodu způsobenou vadou vozidla**, vzniklé např. v důsledku zranění osob, poškození životního prostředí či velké materiální ztráty.

Tato analýza nákladů nevychází jen z objektivně zjistitelných veličin, ale je ovlivněna i těžce předvídatelnými vlastnostmi, jako jsou ceny energií či pracovní síly. Náklady na koupi vozidla tvoří pouze malou část nákladů životního cyklu. Z toho je zřejmé, že je nutné přistupovat k nákladovému členění s patřičnou opatrností, představující posouzení nejistoty a rizika.

2.2 Metodika spojitých trendů

Výpočetní technika je den ode dne dokonalejší a objevuje se i ve firmách při sledování provozu vozidel. Díky tomu existuje možnost shromažďovat a vyhodnocovat dostupná data a informace, které ve výsledku zobrazují náklady na provoz a údržbu vozidlového parku. Zpracování dat napomáhá určit optimální dobu životnosti jednotlivých druhů vozidel.

Metody použité pro výpočet optimální doby životnosti vozidla:

- metoda exponenciálních trendů,
- metoda nejmenších čtverců,
- testovací statistika (Studentovo t-rozdělení)

2.2.1 Metoda exponenciálních trendů

Využití této metody spočívá v myšlence, při které se uvažuje o údržbě a opravě více součástí v jednom časovém úseku. Hodnota dopravního prostředku během stárnutí bude mít tvar klesající exponenciály.

Výpočet pro zjištění hodnoty prostředku v daném čase:

$$N_p(t) = C * e^{-\alpha * t} \quad [Kč] \quad (2)$$

(zdroj: *Výpočetní metody obnovy dopravních prostředků*)

kde:

$N_p(t)$	-	hodnota prostředku v čase (t)	[Kč]
C	-	nákupní cena dopravního prostředku	[Kč]
α	-	koeficient poklesu zůstatkové ceny	[-]
t	-	stáří vozidla	[rok]

Podobně lze charakterizovat i náklady, které jsou potřebné pro udržení vozidla v provozu. S rostoucím věkem vozidla stoupá náročnost udržet jej v provozuschopném stavu. Náklady na údržbu jsou vyjadřovány kumulativně, protože není možné určitým způsobem vyjmout hodnoty do vozidla vložené. Mají tedy průběh rostoucí exponenciály. Výpočet růstu nákladů na údržbu a opravy v daném čase lze popsat vztahem:

$$N_u(t) = A * e^{\beta * t} \quad [Kč] \quad (3)$$

(zdroj: *Výpočetní metody obnovy dopravních prostředků*)

kde:

$N_u(t)$	-	náklady na údržbu prostředku v čase (t)	[Kč]
A	-	amplituda udržovacích nákladů	[Kč]
β	-	koeficient rychlosti růstu nákladů na údržbu	[-]
t	-	stáří vozidla	[rok]

Součet ceny vozidla a nákladů na údržbu a opravy v závislosti na stáří vozidla určí výsledek jako celkovou hodnotu vozidla za daný čas (t):

$$N_c(t) = C * e^{-\alpha * t} + A * e^{\beta * t} \quad [Kč] \quad (4)$$

(zdroj: *Výpočetní metody obnovy dopravních prostředků*)

kde:

$N_c(t)$	-	celková hodnota prostředku v čase (t)	[Kč]
A	-	amplituda udržovacích nákladů	[Kč]
C	-	nákupní cena dopravního prostředku	[Kč]
α	-	koeficient poklesu zůstatkové ceny	[-]
β	-	koeficient rychlosti nákladů na údržbu	[-]
t	-	stáří vozidla	[rok]

Optimální čas pro vyřazení vozidla je okamžik, v kterém je celková hodnota vozidla nejnížší.

Zde začínají náklady na údržbu a opravy výrazně převládat nad zůstatkovou cenou vozidla.

Hledá se minimum funkce, tudíž extrém podle času, tj.:

$$\frac{dN_c(t)}{dt} = 0$$

$$-\alpha * C * e^{-\alpha * t} + \beta * A * e^{\beta * t} = 0$$

$$\alpha * C * e^{-\alpha * t} = \beta * A * e^{\beta * t}$$

$$\alpha * C * e^{-\alpha * t_{\text{optim}}} = \beta * A * e^{\beta * t_{\text{optim}}}$$

$$\frac{\alpha * C}{\beta * A} = \frac{e^{\beta * t_{\text{optim}}}}{e^{-\alpha * t_{\text{optim}}}}$$

$$\frac{\alpha * C}{\beta * A} = e^{\beta * t_{\text{optim}} + \alpha * t_{\text{optim}}}$$

$$\ln\left(\frac{\alpha * C}{\beta * A}\right) = t_{\text{optim}} * (\beta + \alpha)$$

Výsledný vztah pro určení optimální životnosti prostředku lze tedy vyjádřit vztahem:

$$t_{\text{optim}} = \frac{1}{\alpha + \beta} * \ln\left(\frac{\alpha * C}{\beta * A}\right) \quad [\text{rok}] \quad (5)$$

(zdroj: *Výpočetní metody obnovy dopravních prostředků*)

t_{optim}	-	optimální životnost vozidla	[rok]
A	-	amplituda udržovacích nákladů	[Kč]
C	-	nákupní cena dopravního prostředku	[Kč]
α	-	koeficient poklesu zůstatkové ceny	[-]
β	-	koeficient rychlosti nákladů na údržbu	[-]

3 Metodika stanovení horní hranice pro vyřazení vozidla

Vozidlový park organizace je tvořen více skupinami vozidel stejného typu, ale odlišného stáří, z čehož plynou různé nároky na údržbu. I zde platí pravidlo, že čím je vozidlo starší, tím se počet nutných oprav a údržbových zásahů zvětšuje a zároveň dochází ke stále větším problémům v odvětví nákupu náhradních dílů. Proto je zde nutné odhadnout horní hranici pro vyřazení jednotlivých vozidel určitého typu.

Metodou statistické indukce je možné odhadnout horní hranici životnosti daného vozidla. Protože společnost vlastní vozový park, který nemá příliš velké zastoupení jednotlivých typů vozidel, je možné použít pro odhad horní hranice životnosti Studentovo t-rozdělení.

Studentovo rozdělení odvodí pomocí intervalů možných hodnot příslušné intervalové odhady na hladině významnosti α , neboli stupeň spolehlivosti $1 - \alpha$. Z toho vychází zjištění, že odhadovaný parametr se nachází s pravděpodobností α mimo nezávislý interval. S pravděpodobností $1 - \alpha$ se tedy nachází uvnitř nezávislého intervalu. Pokud je hodnota stupně volnosti větší, je interval delší.

Pro odhad horní hranice k vyřazení vozidla se uplatňuje jednostranný test, u kterého je hladina významnosti $\alpha = 0,1$. Tato hodnota odpovídá 90% pravděpodobnosti horní hranice pro vyřazení vozidla.

První krok výpočtu spočívá ve výpočtu aritmetického průměru z vypočtených hodnot optimálních dob životnosti vozidel, který lze získat ze vztahu:

$$Ts = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n x_i \quad [rok] \quad (7)$$

(zdroj: *Výpočetní metody obnovy dopravních prostředků*)

kde:

T_s	-	aritmetický průměr	[rok]
x_i	-	doba optimální životnosti pro určité vozidlo	[rok]
n	-	počet vozidel shodného typu	[ks]

V druhém kroku je nutné použít vztah pro výpočet redukovaného rozptylu výběru ve tvaru:

$$\delta_s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - T_s)^2}{n-1}} \quad [-] \quad (8)$$

(zdroj: *Výpočetní metody obnovy dopravních prostředků*)

kde:

δ_s	-	redukovaný rozptyl výběru	$[-]$
T_s	-	aritmetický průměr	$[rok]$
x_i	-	doba optimální životnosti pro určité vozidlo	$[rok]$
n	-	celkový počet vozidel shodného typu	$[ks]$

V třetím kroku je použita matematická statistika, tzv. Z-statistika v základním tvaru:

$$Z = \frac{x - \mu}{\frac{\delta_s}{\sqrt{n}}} \quad [-] \quad (9)$$

(zdroj: *Výpočetní metody obnovy dopravních prostředků*)

kde:

Z	-	testovací statistika	$[-]$
δ_s	-	redukovaný rozptyl výběru	$[-]$
μ	-	populační průměr	$[rok]$
x	-	aritmetický průměr (T_s)	$[rok]$
n	-	počet členů	$[ks]$

Testovací statistika má tzv. Studentovo t-rozdělení s $(n-1)$ stupni volnosti, které má následující tvar:

$$\text{testovací statistika} = \frac{\text{pozorovaná hodnota} - \text{očekávaná hodnota}}{\text{směrodatná odchylka pozorované hodnoty}}$$

Protože očekávaná hodnota doby pro vyřazení vozidla by měla být co nejvyšší (pro výsledek je důležitá jen horní mez), je možné výše uvedený vztah upravit a napsat do tohoto tvaru:

$$Z = \frac{T_h - T_{\text{optim}}}{\delta_s} \quad [-] \quad (10)$$

(zdroj: *Výpočetní metody obnovy dopravních prostředků*)

kde:

T_h	-	horní hranice pro vyřazení vozidla	$[rok]$
T_{optim}	-	optimální životnost vozidla	$[rok]$
δ_s	-	redukovaný rozptyl výběru	$[-]$

Pro výpočet horní hranice pro vyřazení vozidla lze použít vztah:

$$T_h = Z * \frac{\delta_s}{\sqrt{n}} + x \quad [rok] \quad (11)$$

(zdroj: *Výpočetní metody obnovy dopravních prostředků*)

kde:

T_h	-	horní hranice pro vyřazení vozidla	[rok]
δ_s	-	redukovaný rozptyl výběru	[-]
n	-	počet členů	[ks]
x	-	aritmetický průměr (T_s)	[rok]

4 Výpočty životnosti vozidel

4.1 Uvedení vzorového příkladu pro vozidlo Mercedes – Benz Axor, inv. č. 4113

Hodnoty kumulativních nákladů na údržbu a opravy a s nimi aktuální ceny vozidel jsou použity ze zdroje: [8] *Interní materiály společnosti Správa silnic Olomouckého kraje, příspěvková organizace se sídlem Lipenská 120, Olomouc (s pobočkou Zvole 260).*

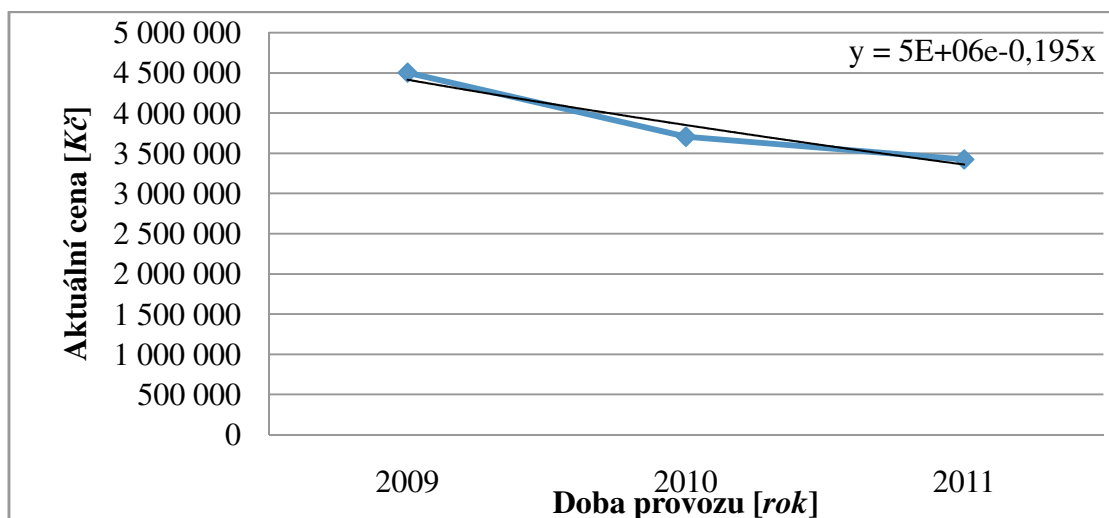
Pro ukázkou poslouží vozidlo Mercedes – Benz Axor, vyrobeno a zapsáno do majetku firmy v roce 2009.

Tabulka č. 4: Přehled cen u vozidla Mercedes – Benz Axor

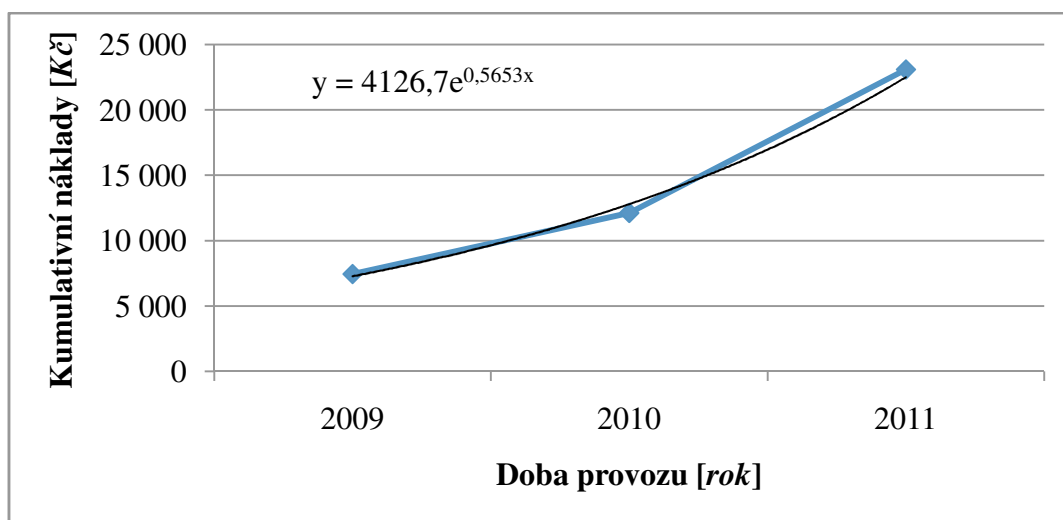
Rok	Aktuální cena [Kč]	Kumulativní náklady [Kč]	Stav tachometru [km]
2009	4 504 150	7 455	3 889
2010	3 706 515	12 131	14 096
2011	3 425 001	23 091	14 575

Aktuální cena bude za předpokladu, že se vozidlo bude odepisovat lineárně i v dalších letech provozu, na nulové hodnotě v roce 2016 a od roku 2009 se začíná počítat s poskytnutými náklady na údržbu. Jedná se i o dobu nákupu.

Pomocí aplikace MS EXCEL a použití vzorce (5) lze zjistit optimální dobu životnosti vozidla. Pro výpočet pomohla v MS EXCEL ještě funkce Exponenciální spojnice trendů, u které se zobrazila rovnice regrese a spolehlivost, což napomohlo určit koeficienty použité ve vzorci. Výsledek je zobrazen na grafech č. 3 a č. 4:



Graf č. 3: Pokles aktuální ceny vozidla



Graf č. 4: Kumulativní náklady na údržbu

Hodnoty vyplývající z výše uvedených grafů:

Koeficient klesající exponenciály	$\alpha = 0,195$
Nákupní cena dopravního prostředku	$C = 4\,504\,150 \text{ Kč}$
Amplituda udržovacích nákladů	$A = 4\,126,7$
Koeficient rostoucí exponenciály	$\beta = 0,5653$

Dosazení do vzorce (2):

$$N_p(t) = C * e^{-\alpha * t} = 4\,504\,150 * e^{-0,195 * 2,5} = \mathbf{2\,766\,268 \text{ Kč}}$$

Zde došlo ke zjištění hodnoty vozidla v polovině roku 2011. Vypočtené vozidlo by se dalo na trhu prodat za cenu 2 766 268 Kč. Tato hodnota bude neustále klesat v závislosti na cenách oprav vozidla.

Dosazení do vzorce (3):

$$N_u(t) = A * e^{\beta * t} = 4\,126,7 * e^{0,5653 * 2,5} = \mathbf{16\,957,8 \text{ Kč}}$$

Tímto krokem lze zjistit, kolik stála údržba a opravy vozidla, aby bylo provozuschopné. Během 2,5 let provozu se cena údržby dostala pod hranici 17 tis. Kč.

Dosazení do vzorce (4):

$$N_c(t) = C * e^{-\alpha * t} + A * e^{\beta * t} = 4\,504\,150 * e^{-0,195 * 2,5} + 4\,126,7 * e^{0,5653 * 2,5}$$

$$N_c(t) = \mathbf{2\,783\,226\,Kč}$$

Zde došlo ke zjištění, jaká je celková hodnota vozidla. Cena, která je platná pro červenec roku 2011, byla více než 2,7 mil. Kč.

Dosazení do vzorce (5):

$$t_{optim} = \frac{1}{\alpha + \beta} * \ln\left(\frac{\alpha * C}{\beta * A}\right) = \frac{1}{0,195 + 0,5653} * \ln\left(\frac{0,195 * 4\,504\,150}{0,5653 * 4\,126,7}\right) = \mathbf{7,8\,let}$$

Z grafu č. 4 jsou patrné kumulativní náklady oprav, u kterých se dá předpokládat, že za pár let tyto náklady překročí nákupní cenu vozidla. Optimální životnost je v tomto případě na hodnotě 7,8 let, což s datem uvedení do provozu roku 2009 bude na hranici v druhé polovině roku 2016. Aby mělo vozidlo vyšší hranici životnosti, musely by se zmenšit náklady na údržbu vozidla. Tento krok ale půjde omezit jen minimálně, protože vozidlo vyžaduje nejrůznější druhy prohlídek a oprav, které v dnešní době narůstají jak z hlediska bezpečnostního tak i cenového.

Pro členitost vozidlového parku a tím i rozsáhlost výpočtů jsou ostatní vozidla uvedena v příloze.

4.2 Uvedení vzorového příkladu pro vozidla Kia K2500, inv. č. 4364; 4365; 4366 a 4367

Z již vypočtených optimálních životností vozidel Kia K2500 lze vypočítat aritmetický průměr ze vzorce (7):

$$T_s = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{4} * (6,2 + 13,87 + 9,35 + 10,03) = \mathbf{9,86\,let}$$

Počet stupňů volnosti u Studentova t-rozdělení je (n-1) a pro tento případ platí:

n-1 = počet stupňů volnosti

4-1 = počet stupňů volnosti

Výpočet redukovaného rozptylu výběru je proveden podle vztahu (8):

$$\delta_s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - T_s)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{(6,2-9,86)^2 + (13,87-9,86)^2 + (9,35-9,86)^2 + (10,03-9,86)^2}{4-1}} = \mathbf{2,23 [-]}$$

Výpočet Z- statistiky je proveden v programu MS EXCEL. Zde se využije funkce TINV, pro kterou se zadává:

- pravděpodobnost oboustranného Studentova rozdělení, které odpovídá číslu v rozmezí $<0;1>$. Pro odstranění chybových počítačových výpočtů je nutno vynásobit hladinu významnosti α dvojnásobkem.
- Počet stupňů volnosti odpovídá hodnotě 3 dle vztahu $(n-1)$, kde $n=4$.

TINV (α ; n)

TINV (0,1; 3)

TINV = 2,3534

Pomocí této hodnoty je získatelná Z-statistika, která činí 2,3534.

Z výše uvedených výpočtů je možné spočítat horní hranici pro vyřazení vozidel.

K výpočtu je použit vztah (11):

$$T_h = Z * \frac{\delta_s}{\sqrt{n}} + x = 2,3534 * \frac{2,23}{\sqrt{4}} + 9,86 = \mathbf{10,52 \text{ let}}$$

Vozidla Kia K2500 mají podle výpočtů horní hranici pro vyřazení stanovenou na 10,52 let.

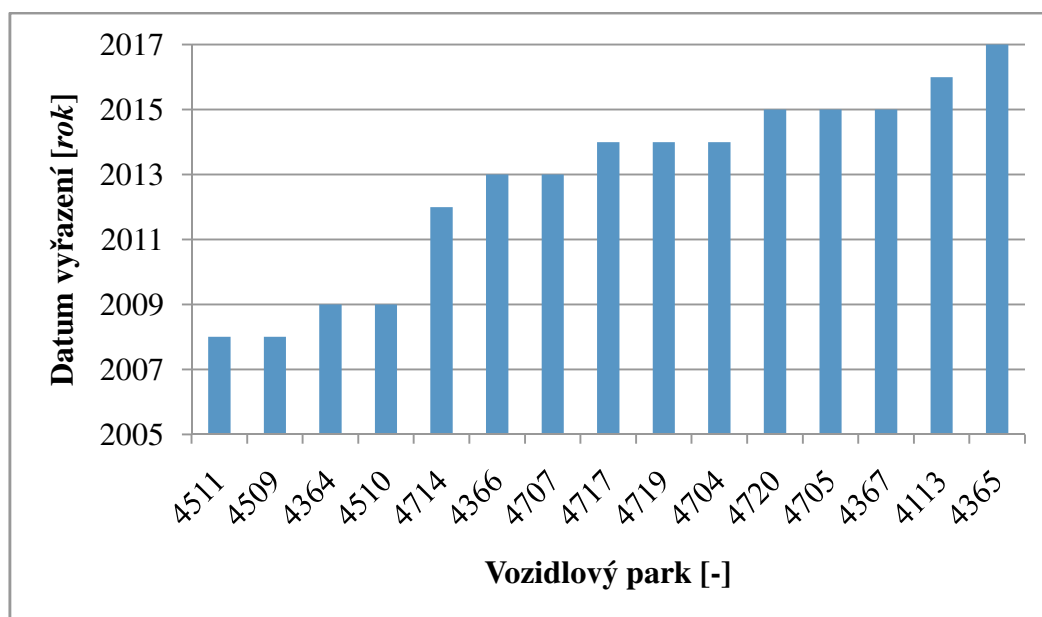
5 Návrh postupu obnovy vozidlového parku, ekonomické zhodnocení

Z výpočtů optimální doby života všech vozidel plyne, že je vozidlový park firmy téměř zastaralý, ale plně funkční. Firmu ale spravuje stát, a jako příspěvková organizace musí čekat, kdy se uvolní jakékoliv dotace pro obnovu vozidel. V dnešní době je hledisko dobrých či špatných cest přednější než stav vozidel, kterými se pozemní komunikace udržují.

Tabulka č. 19 a graf č. 35 zobrazuje letopočty, kdy měla, resp. kdy má přijít likvidace vozidla.

Tabulka č. 19: Optimální životnost vozidel s datem vyřazení

Inv. č	Vozidlo	Rok zařazení	t_{optim} [rok]	T_h [rok]	Vyřadit $_{\text{optim}}/h$ [rok]
4509	Tatra T 815 4x4 TerrN°1	2002	6,69	7,13	2008 / 2009
4510	Tatra T 815 4x4 TerrN°1	2003	6,21	7,13	2009 / 2010
4511	Tatra T 815 4x4 TerrN°1	2003	5,67	7,13	2008 / 2010
4364	KIA K 2500	2003	6,2	10,52	2009 / 2013
4707	Tatra T 815 4x4 TerrN°1	2004	9,9	7,13	2013 / 2011
4365	KIA K 2500	2004	13,87	10,52	2017 / 2014
4366	KIA K 2500	2004	9,35	10,52	2013 / 2014
4367	KIA K 2500	2005	10,03	10,52	2015 / 2015
4704	Mercedes-Benz Axor	2008	6,68	6,38	2014 / 2014
4705	Mercedes-Benz Axor	2008	7,76	6,38	2015 / 2014
4714	Mercedes-Benz Axor	2008	4,39	6,38	2012 / 2014
4719	Mercedes-Benz Axor	2008	6,5	6,38	2014 / 2014
4717	Mercedes-Benz Axor	2009	5,17	6,38	2014 / 2015
4720	Mercedes-Benz Axor	2009	6,38	6,38	2015 / 2015
4113	Mercedes-Benz Axor	2009	7,8	6,38	2016 / 2015



Graf č. 35: Optimální životnost vozidel

Ve vozidlovém parku se objevila jen 4 vozidla, která již překročila svoji životnost, a bylo by výhodné je prodat. Jedná se o vozidla Tatra T 815 4x4 TerrN°1 s inventárními čísly 4509, 4510, 4511 a vozidlo Kia K2500 s inv. č. 4364.

Z jednání s ředitelem firemní pobočky v Šumperku bylo zjištěno, že nákup nového vozidla může být uskutečněn jen za hotové peníze. Výhodou je fakt, že vozidlo je ihned zařazeno do majetku firmy a nenastane v případě nehody zbytečné papírování s jinou právnickou osobou, jako je tomu u možnosti koupit vozidlo na leasing. Jako další výhodu lze spatřit v menší celkové pořizovací ceně, která by se v případě koupi přes úvěr nebo leasing zvýšila o úroky. Ovšem hlavní důvod, proč se kupují vozidla za hotové finanční prostředky je ten, že u pronajatého majetku jsou omezena nájemcova práva volně nakládat s majetkem. Nájemce, tedy ten, kdo zvolí financování pomocí leasingu, nemá oprávnění (bez souhlasu pronajímatele) na pronajatém majetku provádět úpravy.

Nákup nových vozidel spočívá v požadavcích vedoucího dopravy, který má na starosti všechny pobočky v olomouckém kraji. Těchto poboček je 11 v kraji, jmenovitě v Olomouci, Litovli, Šternberku, Zvoli, Vikýřovicích, Hanušovicích, Jeseníku, Prostějově, Konicích, Přerově a Hranicích. Přitom jsou na pozici vedoucího dopravy 3 lidé, a to v každé spádové oblasti, tj. v Olomouci, Prostějově a Vikýřovicích. Vedoucí dopravy kontroluje stav vozidlového parku v 3 – 4 pobočkách, vyřizuje návrh na nákup nových vozidel, poté dohlíží na pravidelné údržby těchto vozů a také sjednává opravy vozů.

Pokud je zapotřebí koupit nový vůz, sepíše vedoucí dopravy žádost, která pokryje výměnu starých vozidel za nová ve všech pobočkách, které má na starost. Žádost obsahuje vyjádření o nákupní ceně vozidla, o nárocích v údržbě a opravách a také činnost vozidla, pro kterou bude používáno. Z toho plynou i nutné požadavky na konstrukci, např. vozidlo s větší zatížitelností přední nápravy, aby mohlo používat sněžný pluh o hmotnosti 1 200 kg. Žádost nesmí přesáhnout hodnotu odpisovaného majetku. Firma je nevýdělečná organizace a její investice do nového vybavení nesmějí překročit odpisové položky.

Žádost se pošle řediteli Správy silnic Olomouckého kraje, který ji posoudí, pozmění nebo úplně zamítne. Vedoucí dopravy může požadovat pro svěřená střediska např. 8 nových vozidel v přesné definici a požadavcích v ceně 30 milionů Kč, ale povolení ke koupi bude platné jen pro 3 vozidla. Zpravidla se jeví zájem o ta vozidla, která mají na trhu nejnižší pořizovací cenu. Na zajištění servisu, dostupnost náhradních dílů a jejich cenu se ohled již nebere. Jako poslední orgán se ve schvalování žádosti vyskytuje též zastupitelstvo Olomouckého kraje, které jakožto zástupce státu - majitele firmy, bude mít definitivní rozhodné vyjádření. Na nové vozidlo se provádí výběrové řízení, stejně tak i na nástavby, podvozky nebo jiné zařízení.

V případě, když dojde k nákupu vozidla, převezme si jej buďto ředitel pobočky nebo vedoucí dopravy, který žádost zaslal. Placeno je hotově převodem na účet, jak je výše uvedeno. Po převzetí je vůz většinou směřován do jičínské firmy *Kobit, s.r.o.*, která vozidlo upraví pro požadovanou funkci nebo rovnou vybaví vůz požadovaným příslušenstvím. Spolupracuje se i s firmami *Unikont Group, s.r.o.*, *MTM Tech s.r.o.*, a pro vozidla Mercedes – Benz je dodavatelem a úpravcem firma *Croy, s.r.o.* v Rakovníku.

Vozidla se skončenou životností si firma nemůže dovolit uvolnit na bazarový trh, protože jí to status příspěvkové organizace rovněž neumožňuje. V případě, že se některá vozidla uvolní do pomyslného prodeje, musí se vypsát výběrové řízení pro fyzické a právnické osoby a o prodeji rozhoduje nejvyšší nabídnutá cena za vozidlo.

Z jednání s vedoucím dopravy firmy bylo též zjištěno, že firma příliš nehodlá kupovat vozidla jiných značek a typů, než která mají ve svém vozidlovém parku. Hlavním aspektem tohoto kroku je již blízké seznámení se s provozními charaktery vozidel, jejich nároky na údržbu a opravy a také spokojenost řidičů samotných s obsluhou daných vozidel. Tento fakt mi potvrdili i řidiči firmy, kteří, i když se v řízení vozidel střídají, mají k automobilu určitý vztah a dokonale znají jeho historii a zvládnou si vozidlo opravit.

Byl proto osloven prodejce vozidel *PAS, a.s.* k získání nabídky ke koupi vozidla. Byla požadována vozidla **Tatra T 185 TerrN°1** s náhonem max. 6x6 a do nákupní ceny maximálně 3 500 000,- Kč / ks. V rámci možností prodejce byl dán požadavek i na počet kusů, a to 4 vozidla. Značka Tatra byla upřednostněna oproti Mercedes-Benz pro svoji nižší nákupní cenu, která je v okamžiku pořízení nejdůležitější. Určitou roli měla i menší servisní náročnost a cena náhradních dílů. Nová vozidla byla nabídnuta za cenu **2 950 000,- Kč / ks** v podvozkové verzi, ve formě sklápěče byla cena **3 140 000,- Kč / ks**. Firma se rozhodla pro nákup 2 ks od každé verze.

Jako náhrada za vozidlo Kia se zvolilo opět stejné vozidlo. Připadalo do úvahy i vozidlo Ford Transit, ale v porovnání s pořizovací cenou a cenami náhradních dílů byla tato možnost zamítnuta. *Autosalon Asas* má v nabídce hledané vozidlo Kia K2500 II ve valníkové i sklápěčkové verzi, a to buď 3 či 6 místnou. Objem motoru je u všech verzí stejný, a to 2,5 TCI o výkonu 69 kW. Cena začíná na hodnotě 349 980 Kč (3 místný podvozek) a končí na hodnotě **409 980 Kč** (6 místný valník), který byl zvolen jako nejvhodnější kandidát na obnovu staršího vozidla.

Jak již bylo výše uvedeno, nákup jiných značek vozidel byl zamítnut pro svoji vysokou nákupní cenu. Mercedes-Benz Axor byl v nabídce za podvozkovou verzi o necelých 400 000,- Kč dražší, jeho cena tedy začínala na částce 3 300 000,- Kč / ks. Tím by se obnova nákladních vozidel dostala na hranici 13 200 000,- Kč. Pokud by se k této částce přidal ještě Ford Transit s nejnižší pořizovací hodnotou 542 000,- Kč, obnova vozidlového parku by firmu stála 13 742 000,- Kč.

Cena navrhovaných vozidel se vyšplhala na hodnotu **12 589 980 Kč**. Tato částka neobsahuje vybavení vozidel nástavbami, které se použijí z vyřazených vozidel.

6 Závěr

Bakalářská práce popisuje návrh obnovy vozidlového parku ve společnosti Správa silnic Olomouckého kraje, příspěvková organizace.

Cílem práce bylo stanovit optimální dobu života vozidel, určit horní hranici pro vyřazení vozidla a navrhnout způsob obnovy vozidlového parku.

Úvodní část práce obsahuje charakteristiku dané firmy a její vozidlový park. Jedná se o firmu, která se stará o sjízdnost pozemních komunikací a úpravu jejího okolního prostředí v Olomouckém kraji. Vozidlový park čítá 24 vozidel, návrh obnovy se týká ale jen 15 vozidel, která byla zakoupena po roce 2000. Zbývajících 9 vozidel hodlá firma vyřadit v nejbližších měsících z majetku, a proto by řešení jejich obnovy bylo bezpředmětné.

V teoretické části, která je obsažena v kapitolách 2. a 3., popisuje práce jeden z modelů teorie obnovy, a tím je metoda exponenciálních trendů. Tato metoda byla zpracována teoreticky i graficky a jejím výsledkem je určení výrazu pro výpočet optimální doby životnosti. Zahrnuto bylo i teoretické a početní řešení pro stanovení horní hranice pro vyřazení vozidla.

Následující kapitola číslo 4 se zabývá samotnými výpočty optimální doby životnosti s využitím dat z analýzy vozidlového parku. Výpočet pracoval s informacemi o aktuální ceně vozidel a jejich kumulativních nákladech na údržbu a opravy. V bakalářské práci byly uvedeny výpočty pouze pro konkrétní vozidlo, zbylé výpočty jsou z důvodu rozsáhlosti výpočtů obsaženy v přílohách A-P.

Výsledkem výpočtové části je zjištění optimální doby životnosti vozidel, která je u vozidla značky Kia v průměru 10 let, u vozidla Tatra nad hranicí 7 let a u značky Mercedes-Benz je průměrná hodnota 6,35 let, což závisí na výši nákladů na údržbu a opravy. Ze zjištěných hodnot lze vypočítat horní hranici pro vyřazení vozidla, která je u vozidel Kia stanovena na hodnotu 10,52 let. Značka Tatra má jako horní hranici vyřazení vypočtenou dobu 7,13 let a vozidla Mercedes-Benz by se měla vyřadit za 6,38 let od data nákupu.

Závěrečná část práce je samotným návrhem způsobu obnovy vozidlového parku. Výpočty optimálních dob životnosti určily, že mají být již 4 vozidla vyřazena a 1 vůz již vyřazení v blízké době čeká. Vyřazena měla být 3 vozidla značky Tatra a jedno vozidlo značky Kia.

Náhrada v podobě nových vozidel byla zvolena stejnými vozidly a typy, jako jsou vozidla vyřazená. Cena obnovy bude stát firmu necelých 12,6 mil. Kč.

Použitá literatura

a) Skripta

- [1] **FAMFULÍK, J.:** *Teorie údržby*. Ostrava. VŠB-TU Ostrava. 2006

- [2] **DANĚK, A., ŠIROKÝ, J., FAMFULÍK, J.:** *Výpočetní metody obnovy dopravních prostředků*. Ostrava. VŠB-TU Ostrava, 2000, SBN 80-86122-41-7.

- [3] **TATRA, A.S., KOPŘIVNICE:** *Návod k obsluze a údržbě sklápěčů a odvozených podvozků TATRA T 815-2 TERRN°1*. IV. Vydání 2001, číslo publikace 710

- [4] **KIA MOTORS CORPORATION:** *K2500 – Příručka pro majitele*

b) Internetové odkazy

- [5] **HLAVATÝ, T.:** *Návrh obnovy vozidlového parku firmy: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, detašované pracoviště Šumperk, 2010, 68 stran, vedoucí Ing. Jana Míková, Ph.D., [cit. 2010-11-12]. Dostupný na World Wide Web: <http://dspace.vsb.cz/dspace/handle/10084/81284>

- [6] <http://www.ssok.cz/index.php>, [cit. 2010-11-12]

- [7] http://cs.wikipedia.org/wiki/Tatra_815, [cit. 2010-11-13]

c) Jiné

- [8] Interní materiály společnosti Správa silnic olomouckého kraje, příspěvková organizace se sídlem Lipenská 120, Olomouc (s pobočkou Zvole 260)

Seznam příloh:

Příloha A: Kia K2500, inv. č. 4364;
Příloha B: Kia K2500, inv. č. 4365;
Příloha C: Kia K2500, inv. č. 4366;
Příloha D: Kia K2500, inv. č. 4367;
Příloha E: Tatra 815 4x4 TerrN°1, inv. č. 4509;
Příloha F: Tatra 815 4x4 TerrN°1, inv. č. 4510;
Příloha G: Tatra 815 4x4 TerrN°1, inv. č. 4511;
Příloha H: Tatra 815 4x4 TerrN°1, inv. č. 4707;
Příloha I: Výpočet T-Studentova rozdělení pro vozidla Tatra;
Příloha J: Mercedes-Benz Axor, inv. č. 4704;
Příloha K: Mercedes-Benz Axor, inv. č. 4705;
Příloha L: Mercedes-Benz Axor, inv. č. 4714;
Příloha M: Mercedes-Benz Axor, inv. č. 4719;
Příloha N: Mercedes-Benz Axor, inv. č. 4717;
Příloha O: Mercedes-Benz Axor, inv. č. 4720;
Příloha P: Výpočet T-Studentova rozdělení pro vozidla Mercedes – Benz.

Seznam tabulek:

Tabulka č 1: Seznam vozidel podle data pořízení, strana 7;
Tabulka č. 2: Vozidlový park, strana 8;
Tabulka č. 3: Technické údaje motoru Tatra T3C-928-80, strana 14;
Tabulka č. 4: Přehled cen u vozidla Mercedes – Benz Axor, strana 24;
Tabulka č. 5: Přehled cen u vozidla Kia K2500, příloha A;
Tabulka č. 6: Přehled cen u vozidla Kia K2500, příloha B;
Tabulka č. 7: Přehled cen u vozidla Kia K2500, příloha C;
Tabulka č. 8: Přehled cen u vozidla Kia K2500, příloha D;
Tabulka č. 9: Přehled cen u vozidla Tatra 815 4x4 TerrN°1, příloha E;
Tabulka č. 10: Přehled cen u vozidla Tatra 815 4x4 TerrN°1, příloha F;
Tabulka č. 11: Přehled cen u vozidla Tatra 815 4x4 TerrN°1, příloha G;
Tabulka č. 12: Přehled cen u vozidla Tatra 815 4x4 TerrN°1, příloha H;
Tabulka č. 13: Přehled cen u vozidla Mercedes-Benz Axor, příloha J;
Tabulka č. 14: Přehled cen u vozidla Mercedes-Benz Axor, příloha K;

Tabulka č. 15: Přehled cen u vozidla Mercedes-Benz Axor, příloha L;
Tabulka č. 16: Přehled cen u vozidla Mercedes-Benz Axor, příloha M;
Tabulka č. 17: Přehled cen u vozidla Mercedes-Benz Axor, příloha N;
Tabulka č. 18: Přehled cen u vozidla Mercedes-Benz Axor, příloha O;
Tabulka č. 19: Optimální životnost vozidel s datem vyřazení, strana 28.

Seznam obrázků:

Obrázek č. 1: Hlavní administrativní budova SSOK (zdroj: <http://www.ssok.cz/index.php>), strana 10;
Obrázek č. 2: Tatra 815 4x4 TerrN°1 (inv. č. 4510) [zdroj: autor], strana 12;
Obrázek č. 3: Mercedes – Benz Axor (inv. č. 4705) [zdroj: autor], strana 15;
Obrázek č. 4: Kia K2500 (inv. č. 4365) [zdroj: autor], strana 15.

Seznam grafů:

Graf č. 1: Průměrné roční náklady na údržbu, strana 8;
Graf č. 2: Stáří vozidlového parku (platné k 1. 1. 2011), strana 9;
Graf č. 3: Pokles aktuální ceny vozidla, strana 24;
Graf č. 4: Kumulativní náklady na údržbu, strana 25;
Graf č. 5: Pokles aktuální ceny vozidla, příloha A;
Graf č. 6: Kumulativní náklady na údržbu, příloha A;
Graf č. 7: Pokles aktuální ceny vozidla, příloha B;
Graf č. 8: Kumulativní náklady na údržbu, příloha B;
Graf č. 9: Pokles aktuální ceny vozidla, příloha C;
Graf č. 10: Kumulativní náklady na údržbu, příloha C;
Graf č. 11: Pokles aktuální ceny vozidla, příloha D;
Graf č. 12: Kumulativní náklady na údržbu, příloha D;
Graf č. 13: Pokles aktuální ceny vozidla, příloha E;
Graf č. 14: Kumulativní náklady na údržbu, příloha E;
Graf č. 15: Pokles aktuální ceny vozidla, příloha F;
Graf č. 16: Kumulativní náklady na údržbu, příloha F;
Graf č. 17: Znázornění nárůstu nákladů na údržbu nad hodnotu aktuální ceny, příloha F;
Graf č. 18: Pokles aktuální ceny vozidla, příloha G;
Graf č. 19: Kumulativní náklady na údržbu, příloha G;
Graf č. 20: Znázornění nárůstu nákladů na údržbu nad hodnotu aktuální ceny, příloha G;

Graf č. 21: Pokles aktuální ceny vozidla, příloha H;
Graf č. 22: Kumulativní náklady na údržbu, příloha H;
Graf č. 23: Pokles aktuální ceny vozidla, příloha J;
Graf č. 24: Kumulativní náklady na údržbu, příloha J;
Graf č. 25: Pokles aktuální ceny vozidla, příloha K;
Graf č. 26: Kumulativní náklady na údržbu, příloha K;
Graf č. 27: Pokles aktuální ceny vozidla, příloha L;
Graf č. 28: Kumulativní náklady na údržbu, příloha L;
Graf č. 29: Pokles aktuální ceny vozidla, příloha M;
Graf č. 30: Kumulativní náklady na údržbu, příloha M;
Graf č. 31: Pokles aktuální ceny vozidla, příloha N;
Graf č. 32: Kumulativní náklady na údržbu, příloha N;
Graf č. 33: Pokles aktuální ceny vozidla, příloha O;
Graf č. 34: Kumulativní náklady na údržbu, příloha O;
Graf č. 35: Optimální životnost vozidel, strana 29.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto chci poděkovat vedoucí bakalářské práce

Ing. Janě Míkové, Ph.D.,

Ing. Romanu Bednářovi, vedoucímu střediska firmy, Ludvíkovi Kapustovi,

vedoucímu dopravy firmy, a ostatním konzultantům

za jejich čas, materiály a informace, které mi pro vytvoření

bakalářské práce poskytli. Vážím si toho a moc děkuji.

Přílohy

Příloha A

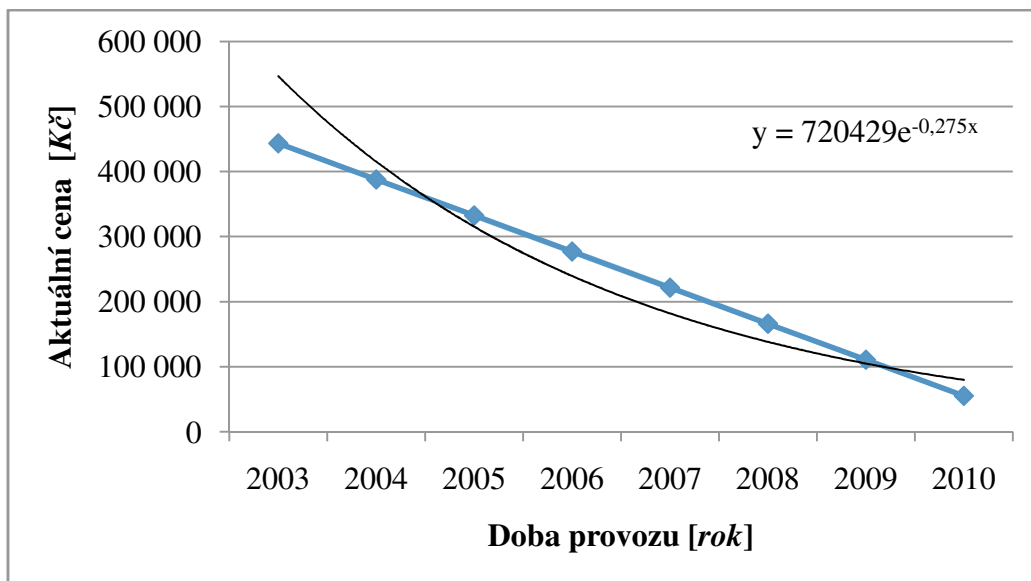
KIA K2500, inv. č. 4364

Tabulka č. 5: Přehled cen u vozidla Kia K2500

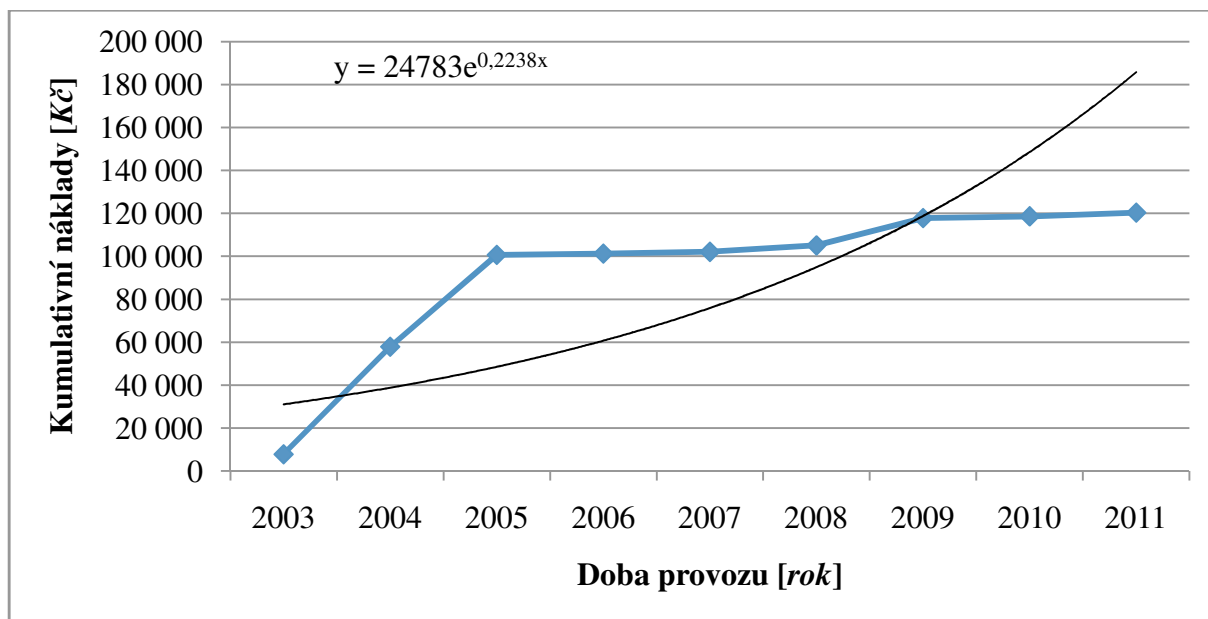
Stáří [rok]	Aktuální cena [Kč]	Kumulativní náklady [Kč]	Stav tachometru [km]
2003	443 592	7 836	5 623
2004	388 140	57 894	18 481
2005	332 688	100 713	29 376
2006	277 236	101 270	41 791
2007	221 784	102 129	57 818
2008	166 332	105 134	73 227
2009	110 880	117 855	86 798
2010	55 428	118 634	99 714
2011	27 702	120 355	106 980

Aktuální cena klesá lineárně, po celou dobu se odpisovala stejná částka. V roce 2011 bude vozidlo celkově odepsáno a náklady na údržbu se počítají v kumulativní podobě.

Pomocí aplikace MS EXCEL a použití vzorce (5) lze zjistit optimální dobu životnosti vozidla. Pro výpočet pomohla v MS EXCEL ještě funkce „exponenciální spojnice trendů“, u které se zobrazila rovnice regrese a spolehlivost, což napomohlo určit koeficienty použité ve vzorci. Výsledek je zobrazen na grafech č. 5 a č. 6, které zobrazují pokles aktuální ceny vozidla a růst nákladů na údržbu za jednotlivé roky.



Graf č. 5: Pokles aktuální ceny vozidla



Graf č. 6: Kumulativní náklady na údržbu

Hodnoty vyplývající z výše uvedených grafů:

Koeficient klesající exponenciály	$\alpha = 0,275$
Nákupní cena dopravního prostředku	$C = 443\,592\text{ Kč}$
Amplituda udržovacích nákladů	$A = 24\,783\text{ Kč}$
Koeficient rostoucí exponenciály	$\beta = 0,2238$

Dosazení do vzorce (2):

$$N_p(t) = C * e^{-\alpha * t} = 443\,592 * e^{-0,275 * 8,5} = \mathbf{42\,837\,Kč}$$

Zde došlo ke zjištění hodnoty vozidla v polovině roku 2011. Vypočtené vozidlo by se dalo na trhu prodat za cenu 42 837 Kč.

Dosazení do vzorce (3):

$$N_u(t) = A * e^{\beta * t} = 24\,783 * e^{0,2238 * 8,5} = \mathbf{166\,078\,Kč}$$

Tímto krokem lze zjistit, kolik stála údržba a opravy vozidla, aby bylo provozuschopné. Během 8,5 let provozu by se cena údržby dostala nad hranici 160 tis. Kč.

Dosazení do vzorce (4):

$$N_c(t) = C * e^{-\alpha * t} + A * e^{\beta * t} = 443\,592 * e^{-0,275 * 8,5} + 24\,783 * e^{0,2238 * 8,5}$$
$$N_c(t) = \mathbf{208\,915\,Kč}$$

Zde došlo ke zjištění, jaká byla celková hodnota vozidla. Cena, která je platná k červenci roku 2011, byla 208 915 Kč.

Dosazení do vzorce (5):

$$t_{optim} = \frac{1}{\alpha + \beta} * \ln\left(\frac{\alpha * C}{\beta * A}\right) = \frac{1}{0,275 + 0,2238} * \ln\left(\frac{0,275 * 443\,592}{0,2238 * 24\,783}\right) = \mathbf{6,2\,let}$$

Z grafu č. 8 jsou patrné vysoké kumulativní náklady, u kterých se dá předpokládat, že za pár let tyto náklady výrazně překročí nákupní cenu vozidla. Optimální životnost je v tomto případě na hodnotě 6,2 let, což s datem uvedení do provozu roku 2003 již vypočtenou životnost překračuje.

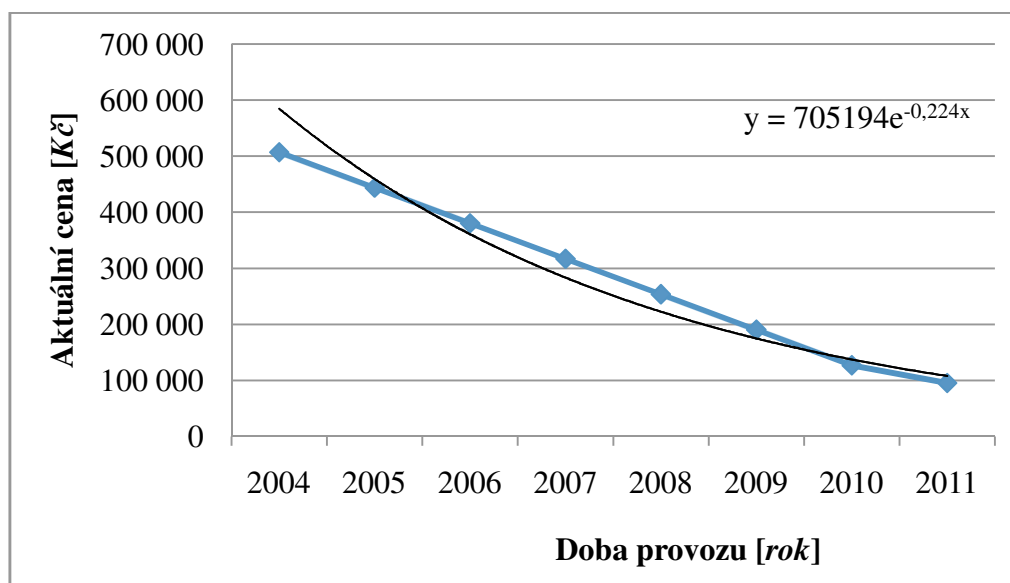
KIA K2500, inv. č. 4365

Tabulka č. 6: Přehled cen u vozidla Kia K2500

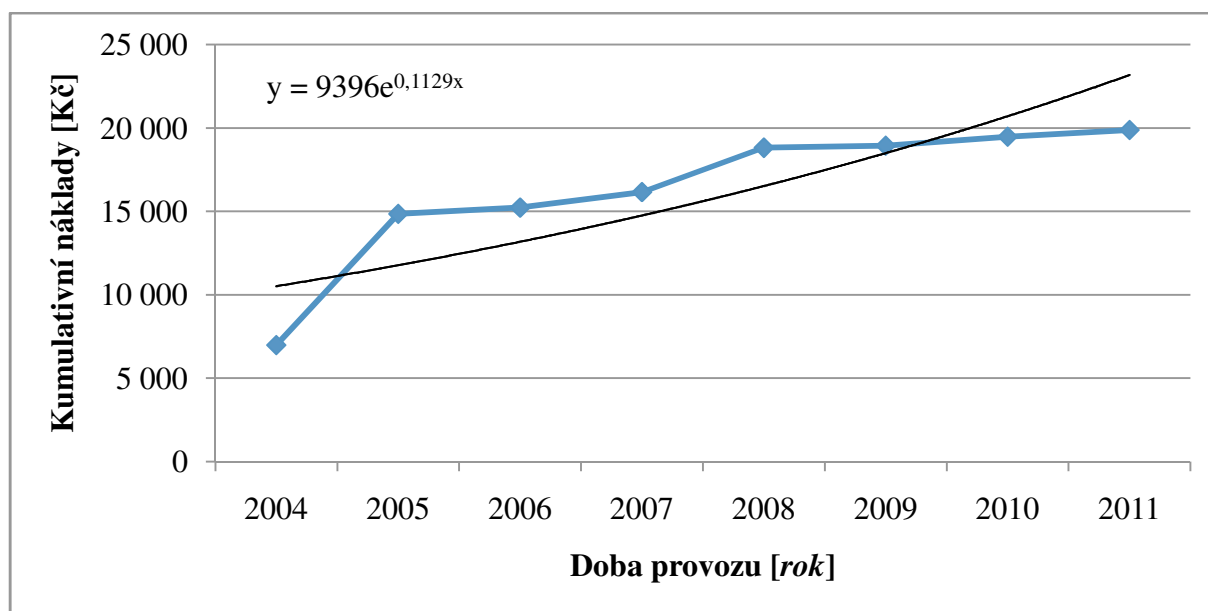
Stáří [rok]	Aktuální cena [Kč]	Náklady na opravu [Kč]	Stav tachometru [km]
2004	507 147	6 988	7 791
2005	443 751	14 861	18 468
2006	380 355	15 233	30 099
2007	316 959	16 168	40 798
2008	253 563	18 827	50 799
2009	190 167	18 947	65 758
2010	126 771	19 483	76 284
2011	95 073	19 887	82 703

Aktuální cena klesá lineárně, po celou dobu se odpisovala stejná částka. V roce 2012 bude vozidlo celkově odepsáno a náklady na údržbu se počítají v kumulativní podobě.

Pomocí aplikace MS EXCEL a použití vzorce (5) lze zjistit optimální dobu životnosti vozidla. Pro výpočet pomohla v MS EXCEL ještě funkce „exponenciální spojnice trendů“, u které se zobrazila rovnice regrese a spolehlivost, což napomohlo určit koeficienty použité ve vzorci. Výsledek je zobrazen na grafech č. 7 a č. 8, které zobrazují pokles aktuální ceny vozidla a růst nákladů na údržbu za jednotlivé roky.



Graf č. 7: Pokles aktuální ceny vozidla



Graf č. 8: Kumulativní náklady na údržbu

Hodnoty vyplývající z výše uvedených grafů:

Koeficient klesající exponenciály	$\alpha = 0,224$
Nákupní cena dopravního prostředku	$C = 507\,147\text{ Kč}$
Amplituda udržovacích nákladů	$A = 9\,396\text{ Kč}$
Koeficient rostoucí exponenciály	$\beta = 0,1129$

Dosazení do vzorce (2):

$$N_p(t) = C * e^{-\alpha * t} = 507\,147 * e^{-0,224 * 7,5} = \mathbf{94\,519\text{ Kč}}$$

Zde došlo ke zjištění hodnoty vozidla v polovině roku 2011. Vypočtené vozidlo by se dalo na trhu prodat za cenu 94 519 Kč. Tato hodnota bude neustále klesat v závislosti na cenách oprav vozidla.

Dosazení do vzorce (3):

$$N_u(t) = A * e^{\beta * t} = 9\,396 * e^{0,1129 * 7,5} = \mathbf{21\,912\text{ Kč}}$$

Tímto krokem lze zjistit, kolik stála údržba a opravy vozidla, aby bylo provozuschopné. Během 7,5 let provozu by se cena údržby dostala nad hranici 21 tis. Kč.

Dosazení do vzorce (4):

$$N_c(t) = C * e^{-\alpha * t} + A * e^{\beta * t} = 507\,147 * e^{-0,224 * 7,5} + 9\,396 * e^{0,1129 * 7,5}$$

$$N_c(t) = \mathbf{116\,431\,Kč}$$

Zde došlo ke zjištění, jaká je celková hodnota vozidla. Cena, která je platná k červenci roku 2011, byla více než 116 tis. Kč.

Dosazení do vzorce (5):

$$t_{optim} = \frac{1}{\alpha + \beta} * \ln\left(\frac{\alpha * C}{\beta * A}\right) = \frac{1}{0,224 + 0,1129} * \ln\left(\frac{0,224 * 507\,147}{0,1129 * 9\,396}\right) = \mathbf{13,87\,let}$$

Z grafu č. 10 jsou patrné kumulativní náklady, u kterých se dá předpokládat, že za pár let tyto náklady výrazně překročí nákupní cenu vozidla. Optimální životnost je v tomto případě na hodnotě 13,87 let. Překročení životnosti se předpokládá na konci roku 2017.

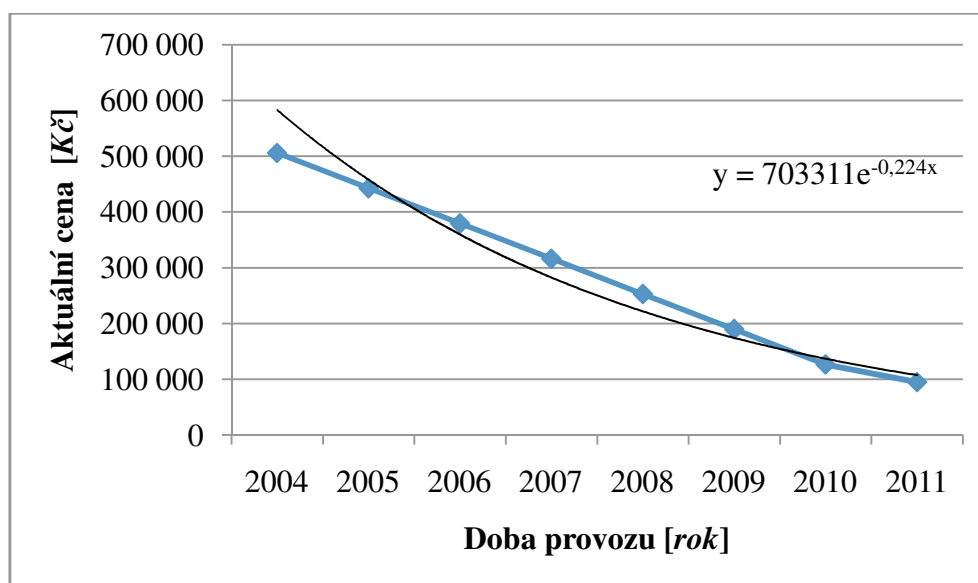
KIA K2500, inv. č. 4366

Tabulka č. 7: Přehled cen u vozidla Kia K2500

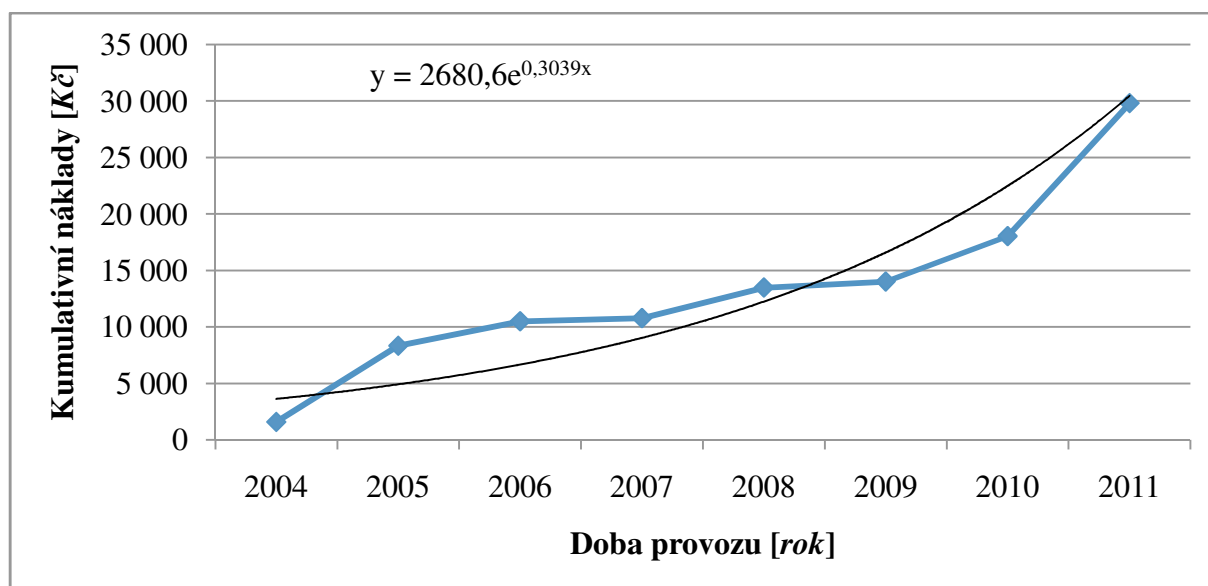
Stáří [rok]	Aktuální cena [Kč]	Kumulativní náklady [Kč]	Stav tachometru [km]
2004	505 734	1 578	4 081
2005	442 506	8 322	15 929
2006	379 278	10 488	26 881
2007	316 050	10 764	37 659
2008	252 822	13 474	52 959
2009	189 594	14 010	64 742
2010	126 366	18 027	73 655
2011	94 752	29 801	79 564

Aktuální cena klesá lineárně, po celou dobu se odpisovala stejná částka. V roce 2012 bude vozidlo celkově odepsáno a náklady na údržbu se počítají v kumulativní podobě.

Pomocí aplikace MS EXCEL a použití vzorce (5) lze zjistit optimální dobu životnosti vozidla. Pro výpočet pomohla v MS EXCEL ještě funkce „exponenciální spojnice trendů“, u které se zobrazila rovnice regrese a spolehlivost, což napomohlo určit koeficienty použité ve vzorci. Výsledek je zobrazen na grafech č. 9 a č. 10, které zobrazují pokles aktuální ceny vozidla a růst nákladů na údržbu za jednotlivé roky.



Graf č. 9: Pokles aktuální ceny vozidla



Graf č. 10: Kumulativní náklady na údržbu

Hodnoty vyplývající z výše uvedených grafů:

Koeficient klesající exponenciály	$\alpha = 0,224$
Nákupní cena dopravního prostředku	$C = 505\,734 \text{ Kč}$
Amplituda udržovacích nákladů	$A = 2\,680,6$
Koeficient rostoucí exponenciály	$\beta = 0,3039$

Dosazení do vzorce (2):

$$N_p(t) = C * e^{-\alpha * t} = 505\,734 * e^{-0,224 * 7,5} = \mathbf{94\,255 \text{ Kč}}$$

Zde došlo ke zjištění hodnoty vozidla v polovině roku 2011. Vypočtené vozidlo by se dalo na trhu prodat za cenu 94 255 Kč. Tato hodnota bude neustále klesat v závislosti na cenách oprav vozidla.

Dosazení do vzorce (3):

$$N_u(t) = A * e^{\beta * t} = 2\,680,6 * e^{0,3039 * 7,5} = \mathbf{26\,188 \text{ Kč}}$$

Tímto krokem lze zjistit, kolik stála údržba a opravy vozidla, aby bylo provozuschopné. Během 7,5 let provozu by se cena údržby dostala na částku 26 188 Kč.

Dosazení do vzorce (4):

$$N_c(t) = C * e^{-\alpha * t} + A * e^{\beta * t} = 505\,734 * e^{-0,224 * 7,5} + 2\,680,6 * e^{0,3039 * 7,5}$$

$$N_c(t) = \mathbf{120\,443\,Kč}$$

Zde došlo ke zjištění, jaká byla celková hodnota vozidla. Cena, která je platná k červenci roku 2011, byla 120 443 Kč.

Dosazení do vzorce (5):

$$t_{optim} = \frac{1}{\alpha + \beta} * \ln\left(\frac{\alpha * C}{\beta * A}\right) = \frac{1}{0,224 + 0,3039} * \ln\left(\frac{0,224 * 505\,734}{0,3039 * 2\,680,6}\right) = \mathbf{9,35\,let}$$

Z grafu č. 12 jsou patrné kumulativní náklady, u kterých se dá předpokládat, že za pár let tyto náklady výrazně překročí nákupní cenu vozidla. Optimální životnost je v tomto případě na hodnotě 9,35 let, což s datem uvedení do provozu roku 2004 překročí vypočtenou životnost v roce 2013.

Příloha D

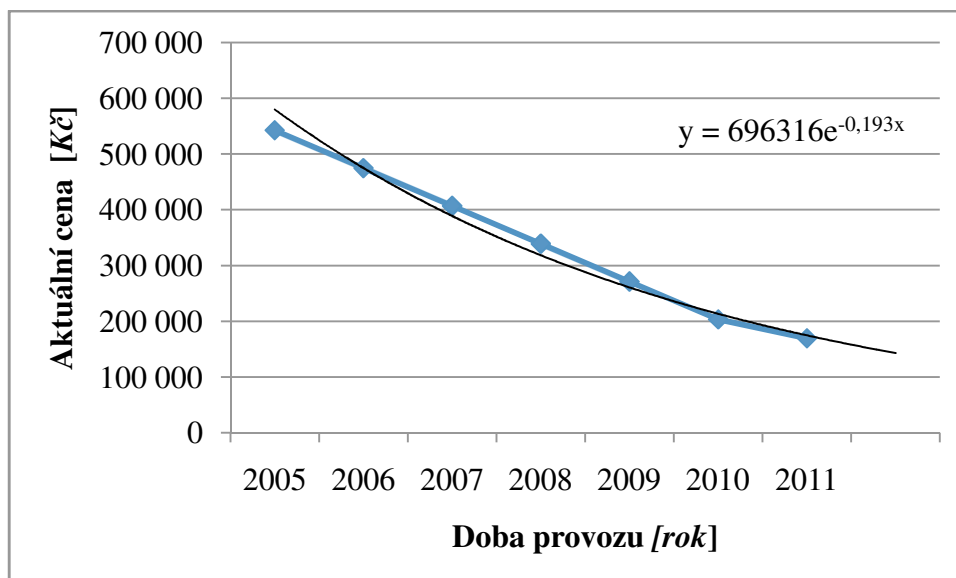
KIA K2500, inv. č. 4367

Tabulka č. 8: Přehled cen u vozidla Kia K2500

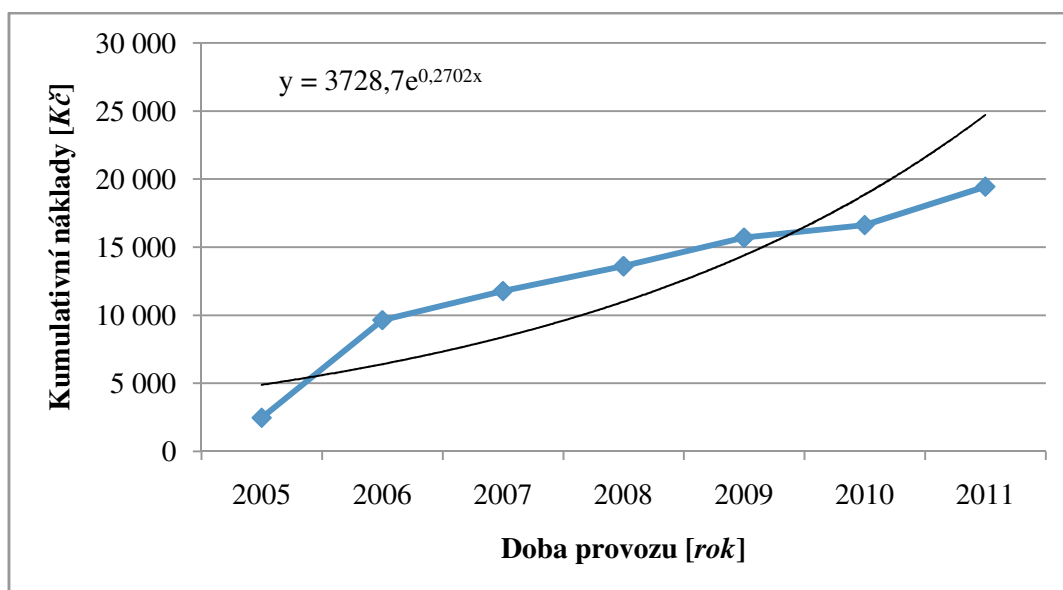
Stáří [rok]	Aktuální cena [Kč]	Kumulativní náklady [Kč]	Stav tachometru [km]
2005	542 790	2 471	4 499
2006	474 930	9 639	18 377
2007	407 070	11 776	27 582
2008	339 210	13 600	40 717
2009	271 350	15 693	52 072
2010	203 490	16 626	62 079
2011	169 560	19 440	67 905

Aktuální cena klesá lineárně, po celou dobu se odpisovala stejná částka. V roce 2013 bude vozidlo celkově odepsáno a náklady na údržbu se počítají v kumulativní podobě.

Pomocí aplikace MS EXCEL a použití vzorce (5) lze zjistit optimální dobu životnosti vozidla. Pro výpočet pomohla v MS EXCEL ještě funkce „exponenciální spojnice trendů“, u které se zobrazila rovnice regrese a spolehlivost, což napomohlo určit koeficienty použité ve vzorci. Výsledek je zobrazen na grafech č. 11 a č. 12, které zobrazují pokles aktuální ceny vozidla a růst nákladů na údržbu za jednotlivé roky.



Graf č. 11: Pokles aktuální ceny vozidla



Graf č. 12: Kumulativní náklady na údržbu

Hodnoty vyplývající z výše uvedených grafů:

Koeficient klesající exponenciály	$\alpha = 0,193$
Nákupní cena dopravního prostředku	$C = 542\,790\text{ Kč}$
Amplituda udržovacích nákladů	$A = 3\,728,7$
Koeficient rostoucí exponenciály	$\beta = 0,2702$

Dosazení do vzorce (2):

$$N_p(t) = C * e^{-\alpha * t} = 542\,790 * e^{-0,193 * 6,5} = \mathbf{154\,814\text{ Kč}}$$

Zde došlo ke zjištění hodnoty vozidla v polovině roku 2011. Vypočtené vozidlo by se dalo na trhu prodat za cenu 154 814 Kč. Tato hodnota bude neustále klesat v závislosti na cenách oprav vozidla.

Dosazení do vzorce (3):

$$N_u(t) = A * e^{\beta * t} = 3\,728,7 * e^{0,2702 * 6,5} = \mathbf{21\,593\text{ Kč}}$$

Tímto krokem lze zjistit, kolik stála údržba a opravy vozidla, aby bylo provozuschopné. Během 6,5 let provozu by se cena údržby dostala na částku 21 593 Kč.

Dosazení do vzorce (4):

$$N_c(t) = C * e^{-\alpha * t} + A * e^{\beta * t} = 542\,790 * e^{-0,193 * 6,5} + 3\,728,7 * e^{0,2702 * 6,5}$$

$$N_c(t) = \mathbf{176\,407\,Kč}$$

Zde došlo ke zjištění, jaká byla celková hodnota vozidla. Cena, která je platná k červenci roku 2011, byla 176 407 Kč.

Dosazení do vzorce (5):

$$t_{optim} = \frac{1}{\alpha + \beta} * \ln\left(\frac{\alpha * C}{\beta * A}\right) = \frac{1}{0,193 + 0,2702} * \ln\left(\frac{0,193 * 542\,790}{0,2702 * 3\,728,7}\right) = \mathbf{10,03\,let}$$

Z grafu č. 14 jsou patrné kumulativní náklady, u kterých se dá předpokládat, že za pár let tyto náklady výrazně překročí nákupní cenu vozidla. Optimální životnost je v tomto případě na hodnotě 10,03 let, což s datem uvedení do provozu roku 2005 překročí vypočtenou životnost v druhé polovině roku 2015.

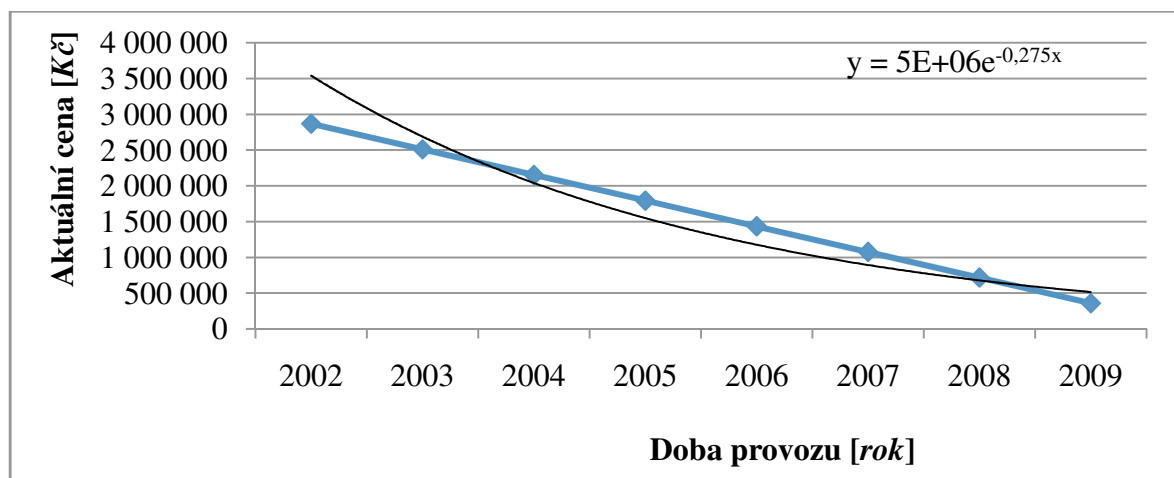
TATRA T 815 4x4 TerrN°1, inv. č. 4509

Tabulka č. 9: Přehled cen u vozidla Tatra 815 4x4 TerrN°1

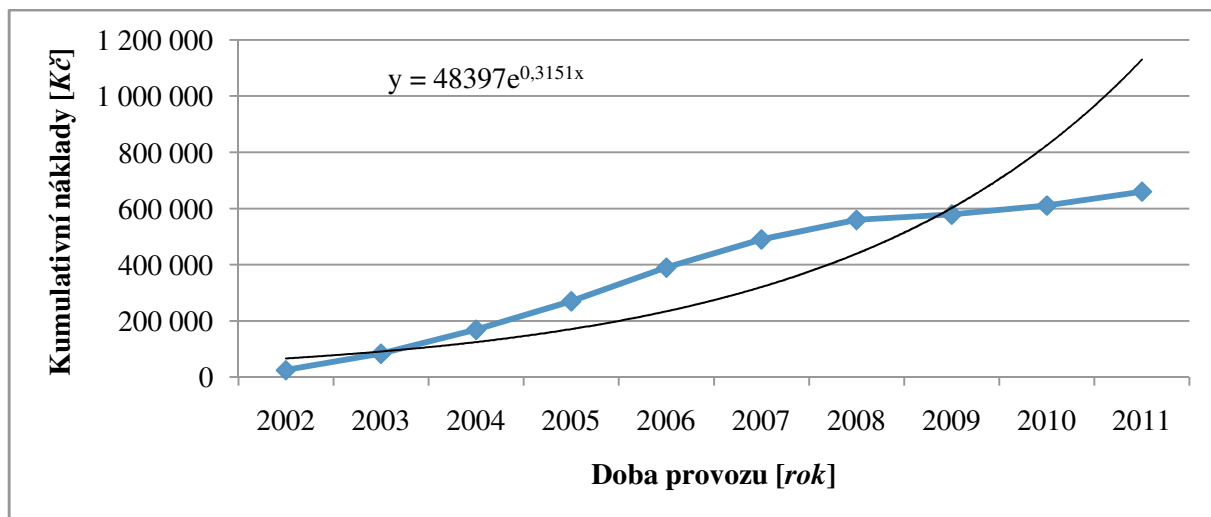
Stáří [rok]	Aktuální cena [Kč]	Kumulativní náklady [Kč]	Stav tachometru [km]
2002	2 869 623	24 906	11 382
2003	2 510 919	83 527	21 910
2004	2 152 215	169 034	34 474
2005	1 793 511	269 957	49 788
2006	1 434 807	389 980	59 974
2007	1 076 103	490 316	69 195
2008	717 399	559 721	75 920
2009	358 695	578 930	89 765
2010	0	610 717	100 216
2011	0	660 075	106 055

Aktuální cena klesá rovnoměrně, po celou dobu se odpisovala stejná částka. V roce 2010 bylo vozidlo celkově odepsáno a náklady na údržbu se počítají v kumulativní podobě.

Pomocí aplikace MS EXCEL a použití vzorce (5) lze zjistit optimální dobu životnosti vozidla. Pro výpočet pomohla v MS EXCEL ještě funkce Exponenciální spojnice trendů, u které se zobrazila rovnice regrese a spolehlivost, což napomohlo určit koeficienty použité ve vzorci. Výsledek je zobrazen na grafech č. 13 a č. 14, které zobrazují pokles aktuální ceny vozidla a růst nákladů na údržbu za jednotlivé roky. Graf č. 15 propojí obě hodnoty a v bodě protnutí exponenciál znázorní optimální čas obnovy.



Graf č. 13: Pokles aktuální ceny vozidla



Graf č. 14: Kumulativní náklady na údržbu

Hodnoty exponenciálního trendu zjištěné v MS EXCEL:

Koeficient klesající exponenciály	$\alpha = 0,275$
Nákupní cena dopravního prostředku	$C = 2\,869\,623\text{ Kč}$
Amplituda udržovacích nákladů	$A = 48\,397$
Koeficient rostoucí exponenciály	$\beta = 0,3151$

Dosazení do vzorce (2):

$$N_p(t) = C * e^{-\alpha * t} = 2\,869\,623 * e^{-0,275 * 9,5} = \mathbf{210\,490\text{ Kč}}$$

Zde došlo ke zjištění hodnoty vozidla v polovině roku 2011. Vypočtené vozidlo by se dalo na trhu prodat za cenu 210 490 Kč, což by byl pro firmu nejspíše krok správným směrem. Dnes již toto vozidlo firmě nevydělává finance a znamená pro ni prostředek, který bude muset financovat v podobě placení oprav.

Dosazení do vzorce (3):

$$N_u(t) = A * e^{\beta * t} = 48\,397 * e^{0,3151 * 9,5} = \mathbf{965\,733\text{ Kč}}$$

Tímto krokem lze zjistit, kolik stála údržba a opravy vozidla, aby bylo provozuschopné. Během devíti a půl let provozu se cena údržby a oprav dostala nad hranici 960 tis. Kč.

Dosazení do vzorce (4):

$$N_c(t) = C * e^{-\alpha * t} + A * e^{\beta * t} = 2\,869\,623 * e^{-0,275 * 9,5} + 48\,397 * e^{0,3151 * 9,5}$$

$$N_c(t) = \mathbf{1\,176\,223\,Kč}$$

Zde došlo ke zjištění, jaká byla celková hodnota vozidla. Cena, která je platná k červenci roku 2011, byla nad hranicí 1,1 mil. Kč.

Dosazení do vzorce (5):

$$t_{optim} = \frac{1}{\alpha + \beta} * \ln\left(\frac{\alpha * C}{\beta * A}\right) = \frac{1}{0,275 + 0,3151} * \ln\left(\frac{0,275 * 2\,869\,623}{0,3151 * 48\,397}\right) = \mathbf{6,69\,let}$$

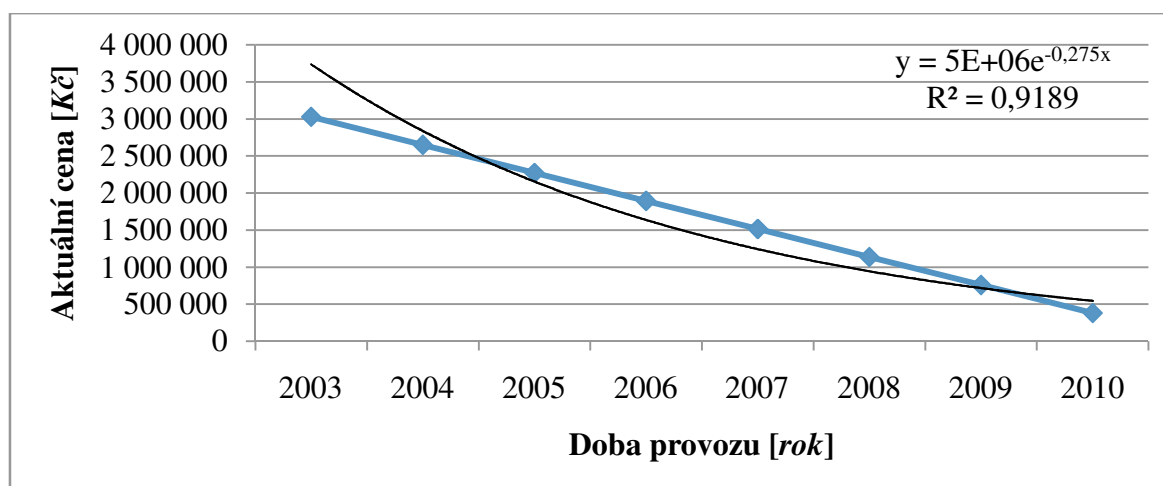
TATRA T 815 4x4 TerrN°1, inv. č. 4510

Tabulka č. 10: Přehled cen u vozidla Tatra T 815 4x4

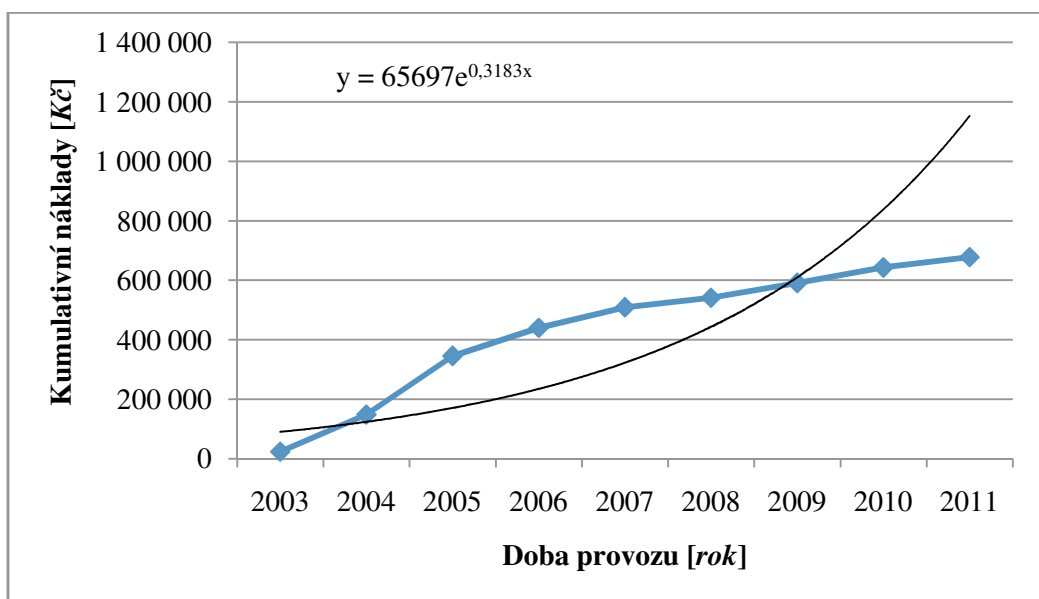
Stáří [rok]	Aktuální cena [Kč]	Kumulativní náklady [Kč]	Stav tachometru [km]
2003	3 029 260	23 692	9 726
2004	2 650 600	148 149	28 130
2005	2 271 940	345 688	49 404
2006	1 893 280	439 998	63 763
2007	1 514 620	509 262	75 095
2008	1 135 960	541 038	79 987
2009	757 300	591 044	92 409
2010	378 640	643 083	103 047
2011	0	677 714	107 734

Aktuální cena klesá lineárně, po celou dobu se odpisovala stejná částka. V roce 2011 bude vozidlo celkově odepsáno a náklady na údržbu se počítají v kumulativní podobě.

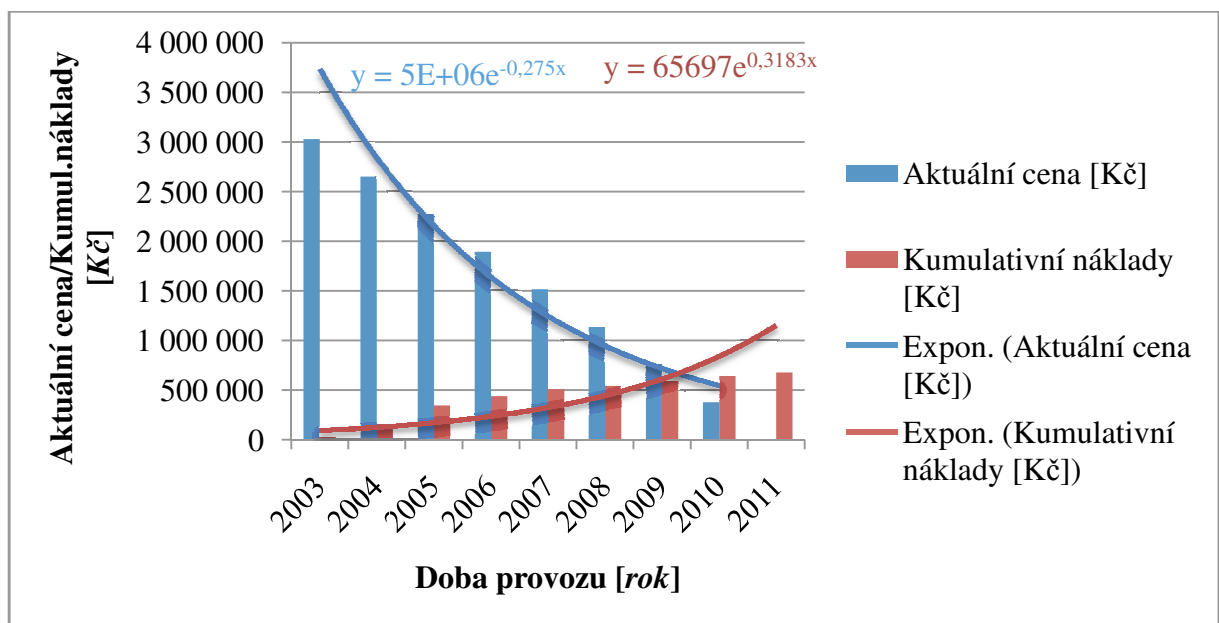
Pomocí aplikace MS EXCEL a použití vzorce (5) lze zjistit optimální dobu životnosti vozidla. Pro výpočet pomohla v MS EXCEL ještě funkce „exponenciální spojnice trendů“, u které se zobrazila rovnice regrese a spolehlivost, což napomohlo určit koeficienty použité ve vzorci. Výsledek je zobrazen na grafech č. 15 a č. 16, které zobrazují pokles aktuální ceny vozidla a růst nákladů na údržbu za jednotlivé roky. Graf č. 17 propojí obě hodnoty a v bodě protnutí exponenciál znázorní optimální čas obnovy.



Graf č. 15: Pokles aktuální ceny vozidla



Graf č. 16: Kumulativní náklady na údržbu



Graf č. 17: Znázornění nárůstu nákladů na údržbu nad hodnotu aktuální ceny

Hodnoty vyplývající z výše uvedených grafů:

Koeficient klesající exponenciály	$\alpha = 0,275$
Nákupní cena dopravního prostředku	$C = 3\,029\,260\text{ Kč}$
Amplituda udržovacích nákladů	$A = 65\,697$
Koeficient rostoucí exponenciály	$\beta = 0,3183$

Dosazení do vzorce (2):

$$N_p(t) = C * e^{-\alpha * t} = 3\,029\,260 * e^{-0,275 * 8,5} = \mathbf{292\,532\,Kč}$$

Zde došlo ke zjištění hodnoty vozidla v polovině roku 2011. Vypočtené vozidlo by se dalo na trhu prodat za cenu 292 532 Kč. Tato hodnota bude neustále klesat v závislosti na cenách oprav vozidla.

Dosazení do vzorce (3):

$$N_u(t) = A * e^{\beta * t} = 65\,697 * e^{0,3183 * 8,5} = \mathbf{982\,994\,Kč}$$

Tímto krokem lze zjistit, kolik stála údržba a opravy vozidla, aby bylo provozuschopné. Během 8,5 let provozu by se cena údržby dostala pod částku 983 tis. Kč.

Dosazení do vzorce (4):

$$N_c(t) = C * e^{-\alpha * t} + A * e^{\beta * t} = 3\,029\,260 * e^{-0,275 * 8,5} + 65\,697 * e^{0,3183 * 8,5}$$
$$N_c(t) = \mathbf{1\,275\,526\,Kč}$$

Zde došlo ke zjištění, jaká byla celková hodnota vozidla. Cena, která je platná k červenci roku 2011, byla těsně pod částkou 1,3 mil. Kč.

Dosazení do vzorce (5):

$$t_{optim} = \frac{1}{\alpha + \beta} * \ln\left(\frac{\alpha * C}{\beta * A}\right) = \frac{1}{0,275 + 0,3183} * \ln\left(\frac{0,275 * 3\,029\,260}{0,3183 * 65\,697}\right) = \mathbf{6,21\,let}$$

Z grafu č. 15 jsou patrné vysoké kumulativní náklady, které již v roce 2009 překročily nákupní cenu vozidla, což dokazuje i výpočet optimální životnosti. Ta je v tomto případě na hodnotě 6,21 let. S datem uvedení do provozu roku 2003 překročila vypočtenou životnost v první polovině roku 2009.

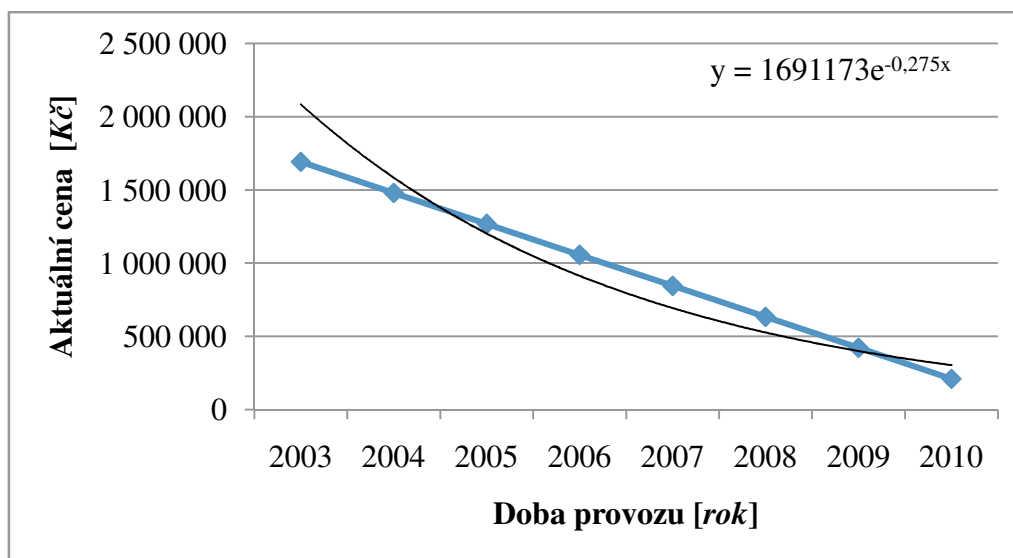
TATRA T 815 4x4 TerrN°1, inv. č. 4511

Tabulka č. 11: Přehled cen u vozidla Tatra T 815 4x4

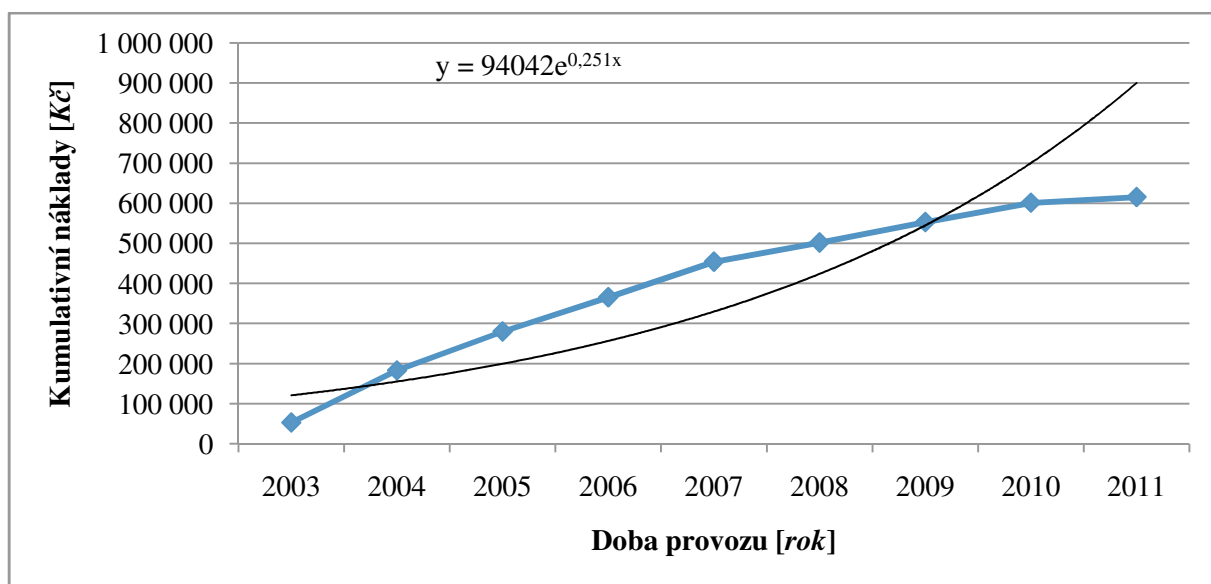
Stáří [rok]	Aktuální cena [Kč]	Kumulativní náklady [Kč]	Stav tachometru [km]
2003	1 691 173	52 950	10 625
2004	1 479 776	182 936	23 255
2005	1 268 380	279 998	34 707
2006	1 056 983	365 509	45 404
2007	845 587	454 111	51 853
2008	634 190	501 914	58 615
2009	422 793	552 850	71 653
2010	211 397	601 150	81 778
2011	0	615 391	85 787

Aktuální cena klesá lineárně, po celou dobu se odpisovala stejná částka. V roce 2011 bude vozidlo celkově odepsáno a náklady na údržbu se počítají v kumulativní podobě.

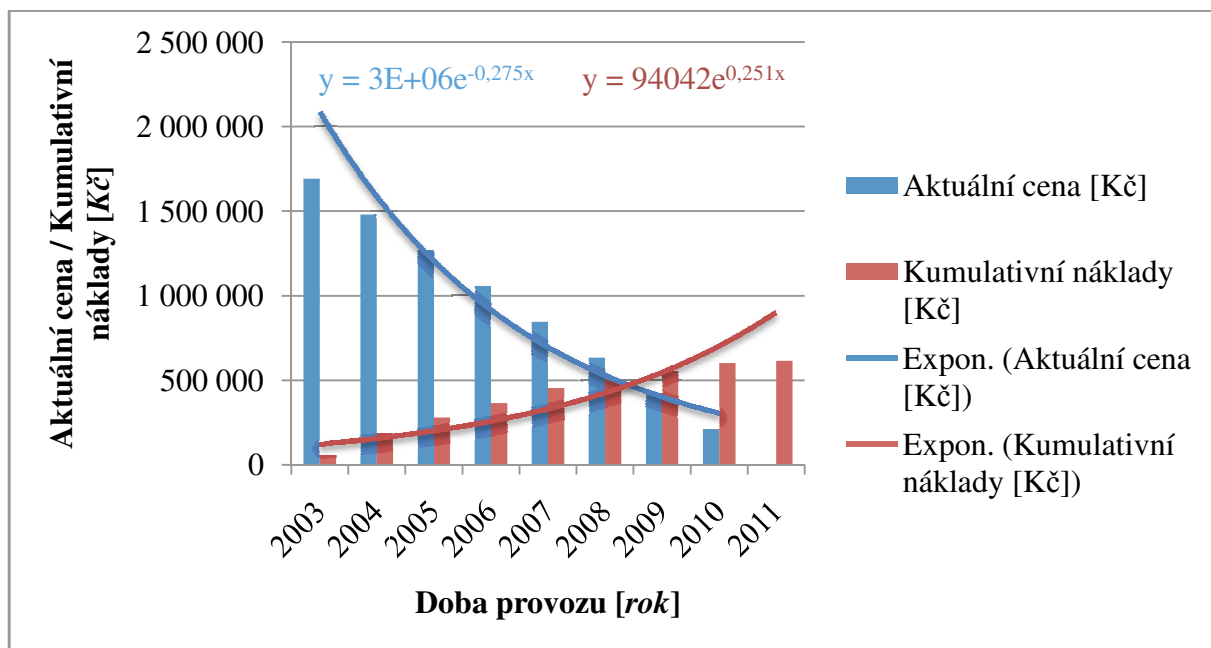
Pomocí aplikace MS EXCEL a použití vzorce (5) lze zjistit optimální dobu životnosti vozidla. Pro výpočet pomohla v MS EXCEL ještě funkce „exponenciální spojnice trendů“, u které se zobrazila rovnice regrese a spolehlivost, což napomohlo určit koeficienty použité ve vzorci. Výsledek je zobrazen na grafech č. 18 a č. 19, které zobrazují pokles aktuální ceny vozidla a růst nákladů na údržbu za jednotlivé roky. Graf č. 20 propojí obě hodnoty a v bodě protnutí exponenciál znázorní optimální čas obnovy.



Graf č. 18: Pokles aktuální ceny vozidla



Graf č. 19: Kumulativní náklady na údržbu



Graf č. 20: Znázornění nárůstu nákladů na údržbu nad hodnotu aktuální ceny

Hodnoty vyplývající z výše uvedených grafů:

Koeficient klesající exponenciály	$\alpha = 0,275$
Nákupní cena dopravního prostředku	$C = 1\,691\,173 \text{ Kč}$
Amplituda udržovacích nákladů	$A = 94\,042$
Koeficient rostoucí exponenciály	$\beta = 0,251$

Dosazení do vzorce (2):

$$N_p(t) = C * e^{-\alpha * t} = 1\,691\,173 * e^{-0,275 * 8,5} = \mathbf{163\,314\,Kč}$$

Zde došlo ke zjištění hodnoty vozidla v polovině roku 2011. Vypočtené vozidlo by se dalo na trhu prodat za cenu 163 314 Kč. Tato hodnota bude neustále klesat v závislosti na cenách oprav vozidla.

Dosazení do vzorce (3):

$$N_u(t) = A * e^{\beta * t} = 94\,042 * e^{0,251 * 8,5} = \mathbf{794\,125\,Kč}$$

Tímto krokem lze zjistit, kolik stála údržba a opravy vozidla, aby bylo provozuschopné. Během 8,5 let provozu by se cena údržby dostala těsně pod částku 800 tisíc Kč.

Dosazení do vzorce (4):

$$N_c(t) = C * e^{-\alpha * t} + A * e^{\beta * t} = 1\,691\,173 * e^{-0,275 * 8,5} + 94\,042 * e^{0,251 * 8,5}$$

$$N_c(t) = \mathbf{957\,439\,Kč}$$

Zde došlo ke zjištění, jaká byla celková hodnota vozidla. Cena, která je platná k červenci roku 2011, byla těsně pod částkou 1 mil. Kč.

Dosazení do vzorce (5):

$$t_{optim} = \frac{1}{\alpha + \beta} * \ln\left(\frac{\alpha * C}{\beta * A}\right) = \frac{1}{0,275 + 0,251} * \ln\left(\frac{0,275 * 1\,691\,173}{0,251 * 94\,042}\right) = \mathbf{5,67\,let}$$

Z grafu č. 20 jsou patrné vysoké kumulativní náklady, které již v roce 2008 překročily nákupní cenu vozidla, což dokazuje i výpočet optimální životnosti. Ta je v tomto případě na hodnotě 5,67 let. S datem uvedení do provozu roku 2003 překročila vypočtenou životnost v první polovině roku 2008.

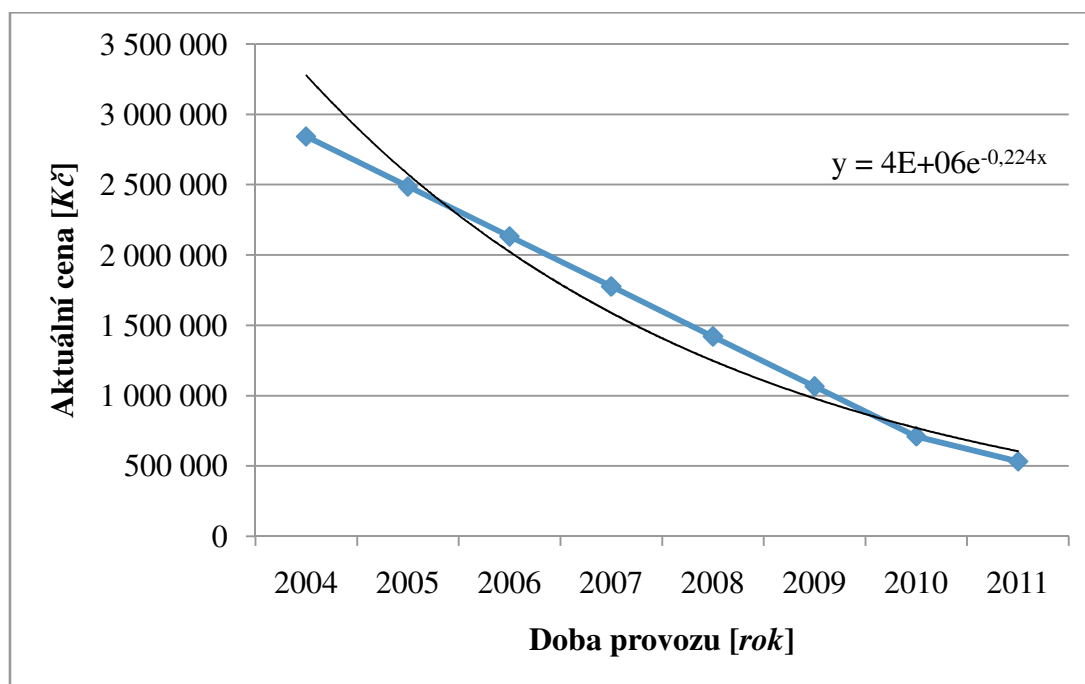
TATRA T 815 4x4 TerrN°1, inv. č. 4707

Tabulka č. 12: Přehled cen u vozidla Tatra T 815 4x4

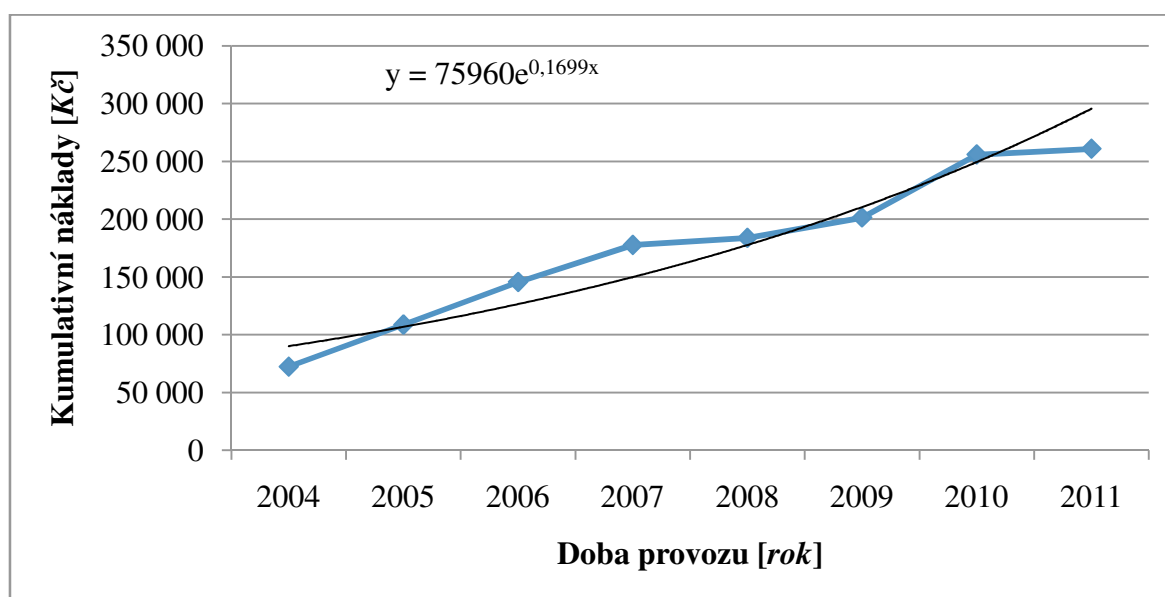
Stáří [rok]	Aktuální cena [Kč]	Kumulativní náklady [Kč]	Stav tachometru [km]
2004	2 842 600	72 336	5 529
2005	2 487 268	108 646	17 131
2006	2 131 936	145 630	27 485
2007	1 776 604	177 624	34 662
2008	1 421 272	183 735	42 833
2009	1 065 940	201 388	53 146
2010	710 608	256 014	59 622
2011	532 942	260 915	62 441

Aktuální cena klesá lineárně, po celou dobu se odpisovala stejná částka. V roce 2012 bude vozidlo celkově odepsáno a náklady na údržbu se počítají v kumulativní podobě.

Pomocí aplikace MS EXCEL a použití vzorce (5) lze zjistit optimální dobu životnosti vozidla. Pro výpočet pomohla v MS EXCEL ještě funkce „exponenciální spojnice trendů“, u které se zobrazila rovnice regrese a spolehlivost, což napomohlo určit koeficienty použité ve vzorci. Výsledek je zobrazen na grafech č. 21 a č. 22, které zobrazují pokles aktuální ceny vozidla a růst nákladů na údržbu za jednotlivé roky.



Graf č. 21: Pokles aktuální ceny vozidla



Graf č. 22: Kumulativní náklady na údržbu

Hodnoty vyplývající z výše uvedených grafů:

Koeficient klesající exponenciály	$\alpha = 0,224$
Nákupní cena dopravního prostředku	$C = 2\,842\,600$ Kč
Amplituda udržovacích nákladů	$A = 75\,960$
Koeficient rostoucí exponenciály	$\beta = 0,1699$

Dosazení do vzorce (2):

$$N_p(t) = C * e^{-\alpha * t} = 2\,842\,600 * e^{-0,224 * 7,5} = \mathbf{529\,787\,Kč}$$

Zde došlo ke zjištění hodnoty vozidla v polovině roku 2011. Vypočtené vozidlo by se dalo na trhu prodat za cenu 529 787 Kč. Tato hodnota bude neustále klesat v závislosti na cenách oprav vozidla.

Dosazení do vzorce (3):

$$N_u(t) = A * e^{\beta * t} = 75\,960 * e^{0,1699 * 7,5} = \mathbf{271\,634\,Kč}$$

Tímto krokem lze zjistit, kolik stála údržba a opravy vozidla, aby bylo provozuschopné. Během 7,5 let provozu by se cena údržby dostala nad částku 271 tis. Kč.

Dosazení do vzorce (4):

$$N_c(t) = C * e^{-\alpha * t} + A * e^{\beta * t} = 2\,842\,600 * e^{-0,224 * 7,5} + 75\,960 * e^{0,1699 * 7,5}$$

$$N_c(t) = \mathbf{801\,421\,Kč}$$

Zde došlo ke zjištění, jaká byla celková hodnota vozidla. Cena, která je platná k červenci roku 2011, byla nad hranicí 801 tis. Kč.

Dosazení do vzorce (5):

$$t_{optim} = \frac{1}{\alpha + \beta} * \ln\left(\frac{\alpha * C}{\beta * A}\right) = \frac{1}{0,224 + 0,1699} * \ln\left(\frac{0,224 * 2\,842\,600}{0,1699 * 75\,960}\right) = \mathbf{9,9\,let}$$

Z grafu č. 22 jsou patrné vysoké kumulativní náklady, u kterých lze předpokládat, že za pár let tyto náklady výrazně překročí nákupní cenu vozidla. Optimální životnost je v tomto případě na hodnotě 9,9 let, což s datem uvedení do provozu roku 2004 překročí vypočtenou životnost v druhé polovině roku 2013.

Příloha I

Výpočet T-Studentova rozdělení pro vozidla Tatra

Z již vypočtených optimálních životností vozidel Tatra lze vypočítat aritmetický průměr ze vzorce (7):

$$T_s = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{4} * (6,69 + 6,21 + 5,67 + 9,9) = \mathbf{7,11 \text{ let}}$$

Počet stupňů volnosti u Studentova t-rozdělení je (n-1) a pro tento případ platí:

n-1 = počet stupňů volnosti

4-1 = počet stupňů volnosti

Výpočet redukovaného rozptylu výběru je proveden podle vztahu (8):

$$\delta_s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - T_s)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{(6,69-7,11)^2 + (6,21-7,11)^2 + (5,67-7,11)^2 + (9,9-7,11)^2}{4-1}} = \mathbf{0,0304 [-]}$$

Výpočet Z- statistiky je proveden v programu MS EXCEL. Zde se využije funkce TINV, pro kterou se zadává:

- pravděpodobnost oboustranného Studentova rozdělení, které odpovídá číslu v rozmezí <0;1>. Pro odstranění chybových počítačových výpočtů je nutno vynásobit hladinu významnosti α dvojnásobkem.
- Počet stupňů volnosti odpovídá hodnotě 3 dle vztahu (n-1), kde n=4.

TINV (α ; n)

TINV (0,1; 3)

TINV = **2,3533**

Pomocí této hodnoty je získatelná Z-statistika, která činí 2,3533.

Z výše uvedených výpočtů je možné spočítat horní hranici pro vyřazení vozidel.

K výpočtu je použit vztah (11):

$$T_h = Z * \frac{\delta_s}{\sqrt{n}} + x = 2,3533 * \frac{0,0304}{\sqrt{4}} + 7,11 = \mathbf{7,13 \text{ let}}$$

Vozidla značky Tatra mají podle výpočtů horní hranici pro vyřazení stanovenou na 7,13 let.

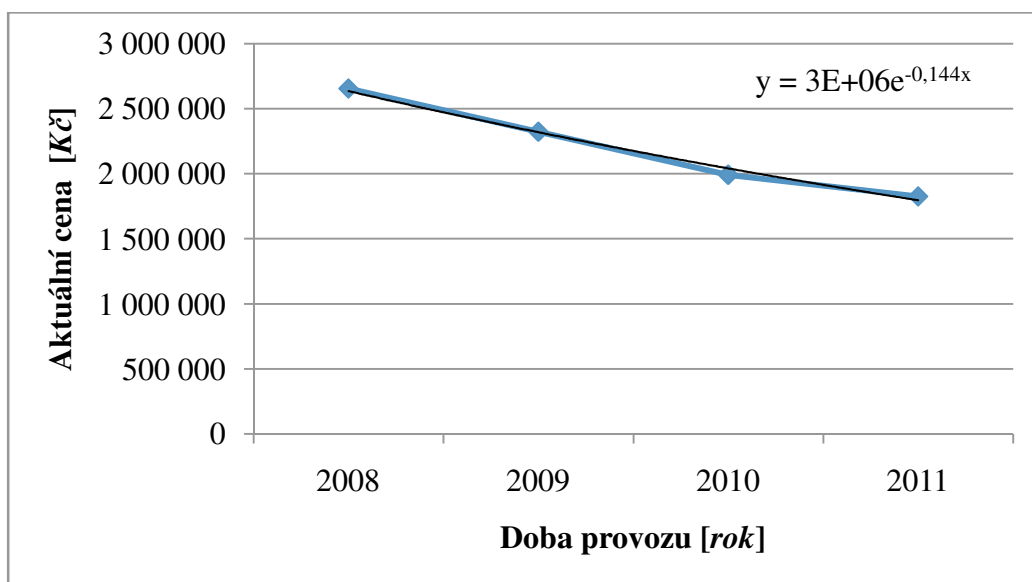
MERCEDES – BENZ AXOR, inv. č. 4704

Tabulka č. 13: Přehled cen u vozidla Mercedes – Benz Axor

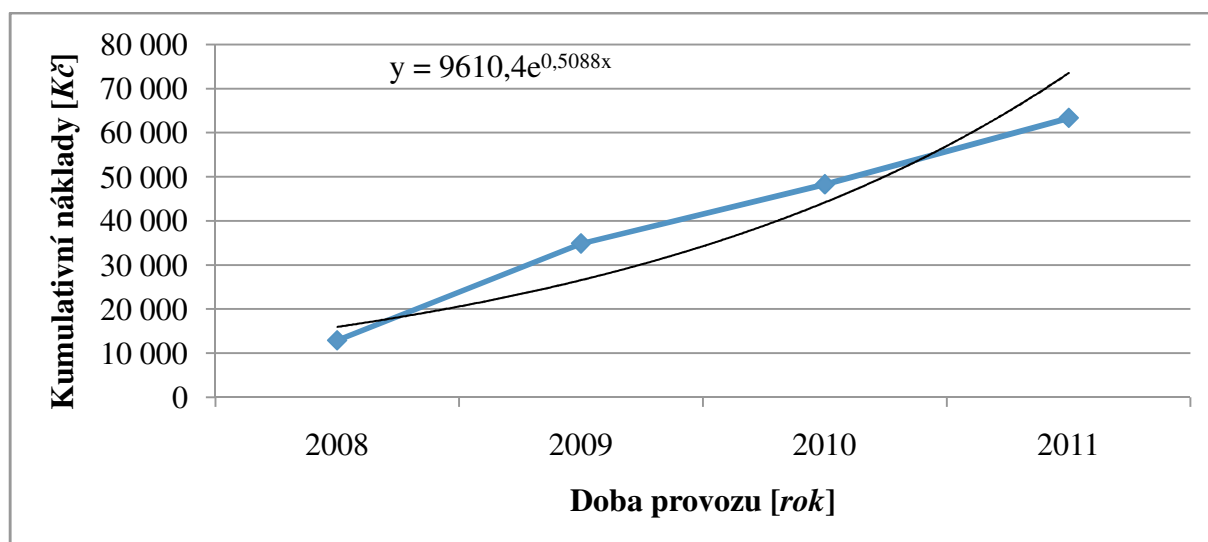
Stáří [rok]	Aktuální cena [Kč]	Kumulativní náklady [Kč]	Stav tachometru [km]
2008	2 656 517	12 949	5 680
2009	2 324 441	34 891	13 024
2010	1 992 365	48 287	19 787
2011	1 826 327	63 344	24 414

Aktuální cena klesá lineárně, po celou dobu se odpisovala stejná částka. V roce 2016 bude vozidlo celkově odepsáno a náklady na údržbu se počítají v kumulativní podobě.

Pomocí aplikace MS EXCEL a použití vzorce (5) lze zjistit optimální dobu životnosti vozidla. Pro výpočet pomohla v MS EXCEL ještě funkce „exponenciální spojnice trendů“, u které se zobrazila rovnice regrese a spolehlivost, což napomohlo určit koeficienty použité ve vzorci. Výsledek je zobrazen na grafech č. 23 a č. 24, které zobrazují pokles aktuální ceny vozidla a růst nákladů na údržbu za jednotlivé roky.



Graf č. 23: Pokles aktuální ceny vozidla



Graf č. 24: Kumulativní náklady na údržbu

Hodnoty vyplývající z výše uvedených grafů:

Koeficient klesající exponenciály	$\alpha = 0,144$
Nákupní cena dopravního prostředku	$C = 2\,656\,517\text{ Kč}$
Amplituda udržovacích nákladů	$A = 9\,610,4$
Koeficient rostoucí exponenciály	$\beta = 0,5088$

Dosazení do vzorce (2):

$$N_p(t) = C * e^{-\alpha * t} = 2\,656\,517 * e^{-0,144 * 3,5} = \mathbf{1\,604\,827\text{ Kč}}$$

Zde došlo ke zjištění hodnoty vozidla v polovině roku 2011. Vypočtené vozidlo by se dalo na trhu prodat za cenu 1 604 827 Kč. Tato hodnota bude neustále klesat v závislosti na cenách oprav vozidla.

Dosazení do vzorce (3):

$$N_u(t) = A * e^{\beta * t} = 9\,610,4 * e^{0,5088 * 3,5} = \mathbf{57\,034\text{ Kč}}$$

Tímto krokem lze zjistit, kolik stála údržba a opravy vozidla, aby bylo provozuschopné. Během 3,5 let provozu by se cena údržby dostala na částku 57 034 Kč.

Dosazení do vzorce (4):

$$N_c(t) = C * e^{-\alpha * t} + A * e^{\beta * t} = 2\,656\,517 * e^{-0,144 * 3,5} + 9\,610,4 * e^{0,5088 * 3,5}$$

$$N_c(t) = \mathbf{1\,661\,861\,Kč}$$

Zde došlo ke zjištění, jaká byla celková hodnota vozidla. Cena, která je platná k červenci roku 2011, byla 1 661 861 Kč.

Dosazení do vzorce (5):

$$t_{optim} = \frac{1}{\alpha + \beta} * \ln\left(\frac{\alpha * C}{\beta * A}\right) = \frac{1}{0,144 + 0,5088} * \ln\left(\frac{0,144 * 2\,656\,517}{0,5088 * 9\,610,4}\right) = \mathbf{6,68\,let}$$

Z grafu č. 24 jsou patrné kumulativní náklady, u kterých se dá předpokládat, že za pár let tyto náklady výrazně překročí nákupní cenu vozidla. Optimální životnost je v tomto případě na hodnotě 6,68 let, což s datem uvedení do provozu roku 2008 překročí vypočtenou životnost v druhé polovině roku 2014.

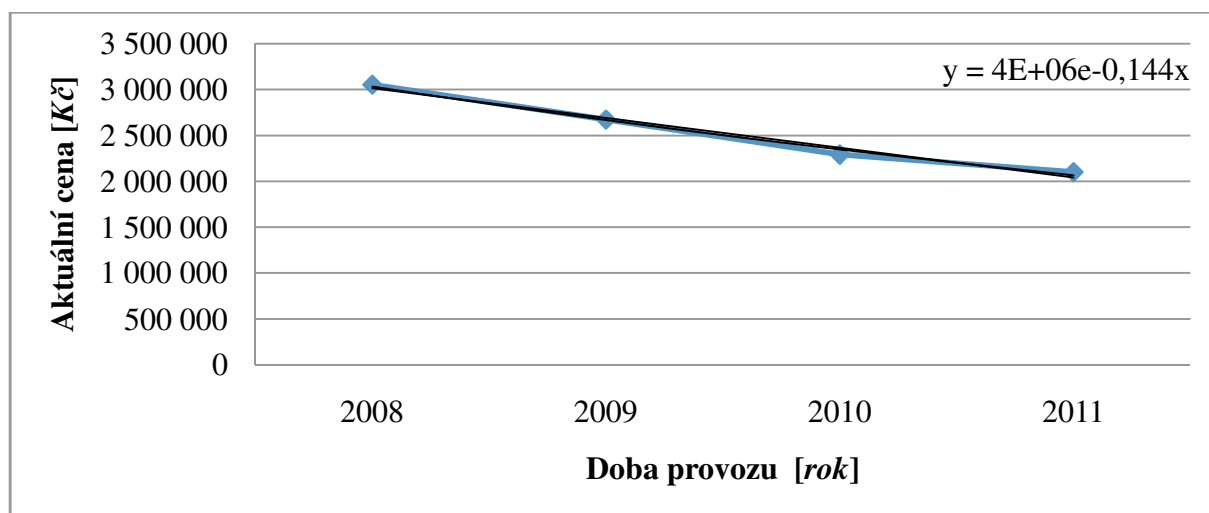
MERCEDES – BENZ AXOR, inv. č. 4705

Tabulka č. 14: Přehled cen u vozidla Mercedes-Benz Axor

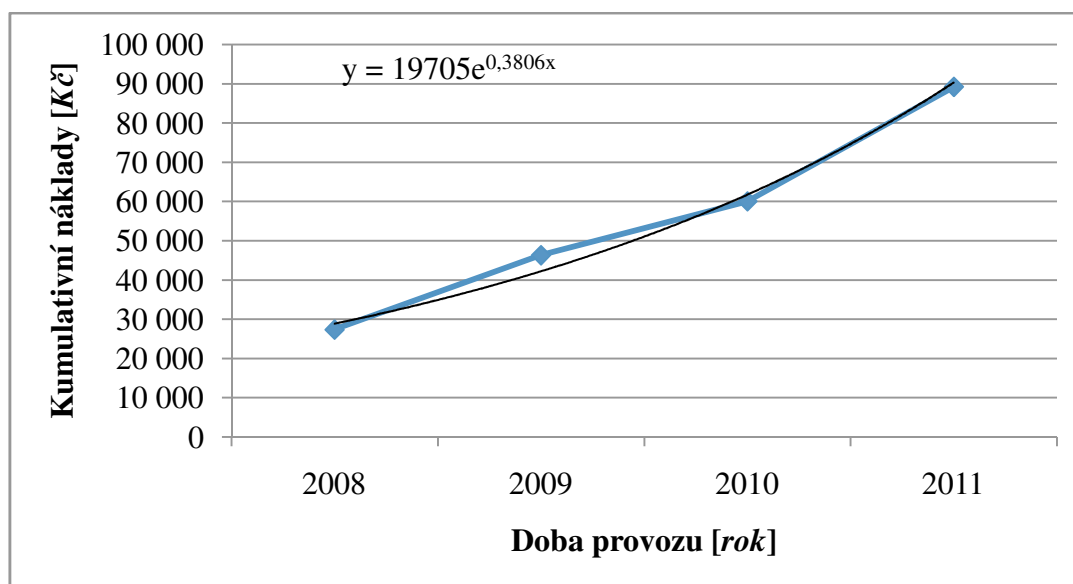
Stáří [rok]	Aktuální cena [Kč]	Kumulativní náklady [Kč]	Stav tachometru [km]
2008	3 054 960	27 350	9 403
2009	2 673 084	46 302	26 607
2010	2 291 208	60 037	40 822
2011	2 100 270	89 199	48 234

Aktuální cena bude na nulové hodnotě v roce 2016 a od roku 2008 se začíná počítat s poskytnutými náklady na údržbu. Tato doba je rovna i nákupu vozidla.

Pomocí aplikace MS EXCEL a použití vzorce (5) lze zjistit optimální dobu životnosti vozidla. Pro výpočet pomohla v MS EXCEL ještě funkce „exponenciální spojnice trendů“, u které se zobrazila rovnice regrese a spolehlivost, což napomohlo určit koeficienty použité ve vzorci. Výsledek je zobrazen na grafech č. 25 a č. 26, které zobrazují pokles aktuální ceny vozidla a růst nákladů na údržbu za jednotlivé roky.



Graf č. 25: Pokles aktuální ceny vozidla



Graf č. 26: Kumulativní náklady na údržbu

Hodnoty vyplývající z výše uvedených grafů:

Koeficient klesající exponenciály	$\alpha = 0,144$
Nákupní cena dopravního prostředku	$C = 3\,054\,960$ Kč
Amplituda udržovacích nákladů	$A = 19\,705$
Koeficient rostoucí exponenciály	$\beta = 0,3806$

Dosazení do vzorce (2):

$$N_p(t) = C * e^{-\alpha * t} = 3\,054\,960 * e^{-0,144 * 3,5} = \mathbf{1\,845\,530 \text{ Kč}}$$

Zde došlo ke zjištění hodnoty vozidla v polovině roku 2011. Vypočtené vozidlo by se dalo na trhu prodat za cenu 1 845 530 Kč. Tato hodnota bude ale neustále klesat v závislosti na cenách oprav.

Dosazení do vzorce (3):

$$N_u(t) = A * e^{\beta * t} = 19\,705 * e^{0,3806 * 3,5} = \mathbf{74\,662 \text{ Kč}}$$

Tímto krokem lze zjistit, kolik stála údržba a opravy vozidla, aby bylo provozuschopné. Během 3,5 let provozu se cena údržby exponenciálně dostala nad hranici 70 tis. Kč.

Dosazení do vzorce (4):

$$N_c(t) = C * e^{-\alpha * t} + A * e^{\beta * t} = 3\,054\,960 * e^{-0,144 * 3,5} + 19\,705 * e^{0,3806 * 3,5}$$

$$N_c(t) = \mathbf{1\,920\,192\,Kč}$$

Zde došlo ke zjištění, jaká je celková hodnota vozidla. Cena, která je platná k červenci roku 2011, byla více než 1,9 mil. Kč.

Dosazení do vzorce (5):

$$t_{optim} = \frac{1}{\alpha + \beta} * \ln\left(\frac{\alpha * C}{\beta * A}\right) = \frac{1}{0,144 + 0,3806} * \ln\left(\frac{0,144 * 3\,054\,960}{0,3806 * 19\,705}\right) = \mathbf{7,76\,let}$$

Z grafu č. 26 jsou patrné vysoké kumulativní náklady, u kterých se dá předpokládat, že za pár let tyto náklady výrazně překročí nákupní cenu vozidla. Optimální životnost je v tomto případě na hodnotě 7,76 let, což s datem uvedení do provozu roku 2008 překročí vypočtenou životnost v druhé polovině roku 2015.

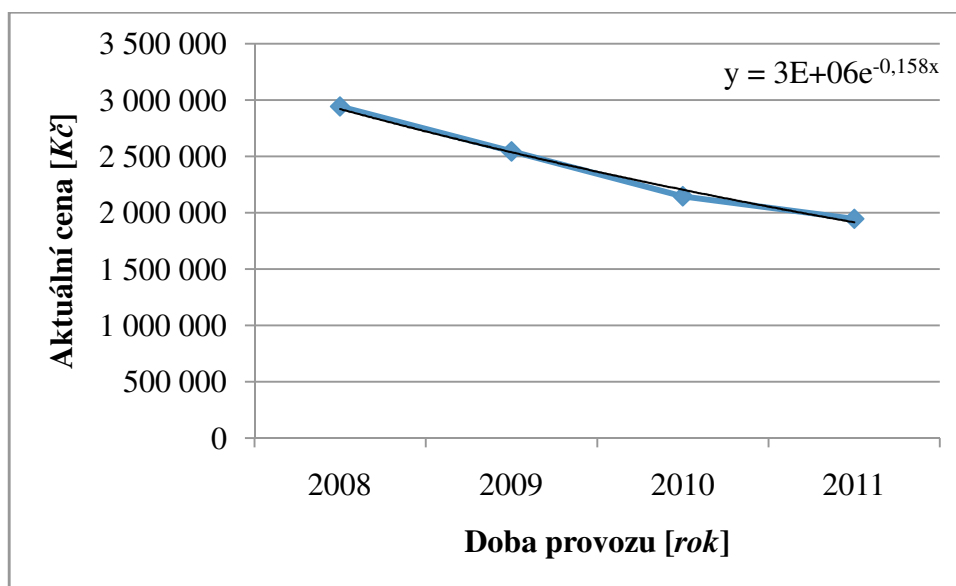
MERCEDES – BENZ AXOR, inv. č. 4714

Tabulka č. 15: Přehled cen u vozidla Mercedes – Benz

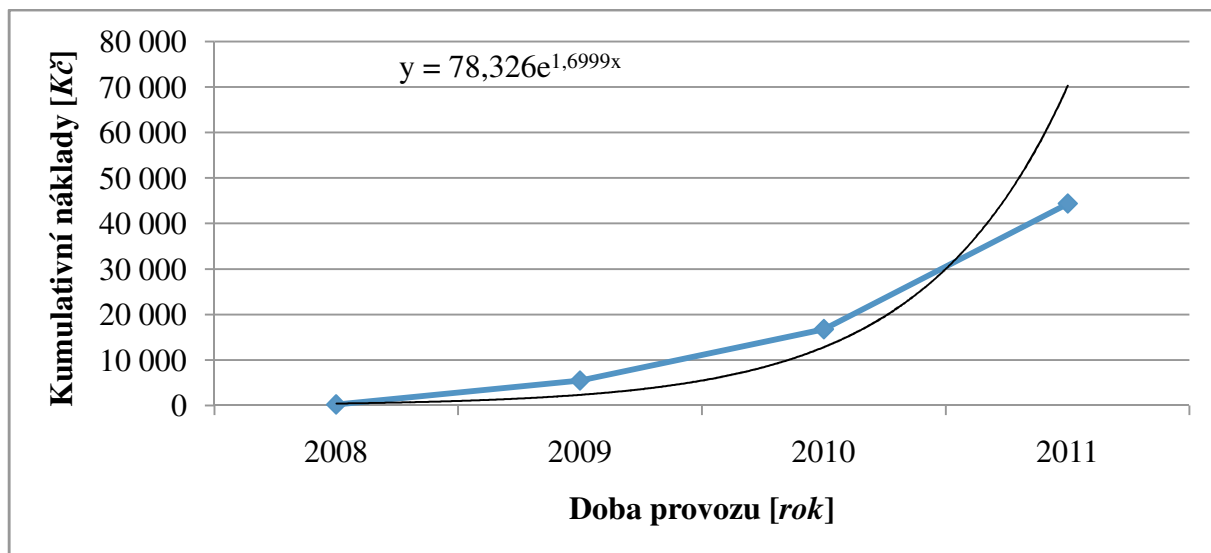
Stáří [rok]	Aktuální cena [Kč]	Kumulativní náklady [Kč]	Stav tachometru [km]
2008	2 942 275	223	2 835
2009	2 543 744	5 473	17 550
2010	2 145 213	16 779	28 248
2011	1 945 948	44 363	34 335

Aktuální cena klesá lineárně, po celou dobu se odepisuje stejná částka. V roce 2016 bude vozidlo celkově odepsáno a náklady na údržbu se počítají v kumulativní podobě.

Pomocí aplikace MS EXCEL a použití vzorce (5) lze zjistit optimální dobu životnosti vozidla. Pro výpočet pomohla v MS EXCEL ještě funkce „exponenciální spojnice trendů“, u které se zobrazila rovnice regrese a spolehlivost, což napomohlo určit koeficienty použité ve vzorci. Výsledek je zobrazen na grafech č. 27 a č. 28, které zobrazují pokles aktuální ceny vozidla a růst nákladů na údržbu za jednotlivé roky.



Graf č. 27: Pokles aktuální ceny vozidla



Graf č. 28: Kumulativní náklady na údržbu

Hodnoty vyplývající z výše uvedených grafů:

Koeficient klesající exponenciály	$\alpha = 0,158$
Nákupní cena dopravního prostředku	$C = 2\,942\,275 \text{ Kč}$
Amplituda udržovacích nákladů	$A = 78,326$
Koeficient rostoucí exponenciály	$\beta = 1,699$

Dosazení do vzorce (2):

$$N_p(t) = C * e^{-\alpha * t} = 2\,942\,275 * e^{-0,158 * 3,5} = \mathbf{1\,692\,460 \text{ Kč}}$$

Zde došlo ke zjištění hodnoty vozidla v polovině roku 2011. Vypočtené vozidlo by se dalo na trhu prodat za cenu 1 692 460 Kč. Tato hodnota bude neustále klesat v závislosti na cenách oprav vozidla.

Dosazení do vzorce (3):

$$N_u(t) = A * e^{\beta * t} = 78,326 * e^{1,699 * 3,5} = \mathbf{30\,047 \text{ Kč}}$$

Tímto krokem lze zjistit, kolik stála údržba a opravy vozidla, aby bylo provozuschopné. Během 3,5 let provozu by se cena údržby dostala na částku 30 047 Kč.

Dosazení do vzorce (4):

$$N_c(t) = C * e^{-\alpha * t} + A * e^{\beta * t} = 2\,942\,275 * e^{-0,158 * 3,5} + 78,326 * e^{1,699 * 3,5}$$

$$N_c(t) = \mathbf{1\,722\,507\,Kč}$$

Zde došlo ke zjištění, jaká byla celková hodnota vozidla. Cena, která je platná k červenci roku 2011, byla 1 722 507 Kč.

Dosazení do vzorce (5):

$$t_{optim} = \frac{1}{\alpha + \beta} * \ln\left(\frac{\alpha * C}{\beta * A}\right) = \frac{1}{0,158 + 1,699} * \ln\left(\frac{0,158 * 2\,942\,275}{1,699 * 78,326}\right) = \mathbf{4,39\,let}$$

Z grafu č. 28 jsou patrné kumulativní náklady, u kterých se dá předpokládat, že za pár let tyto náklady výrazně překročí nákupní cenu vozidla. Optimální životnost je v tomto případě na hodnotě 4,39 let, což s datem uvedení do provozu roku 2008 překročí vypočtenou životnost v první polovině roku 2012.

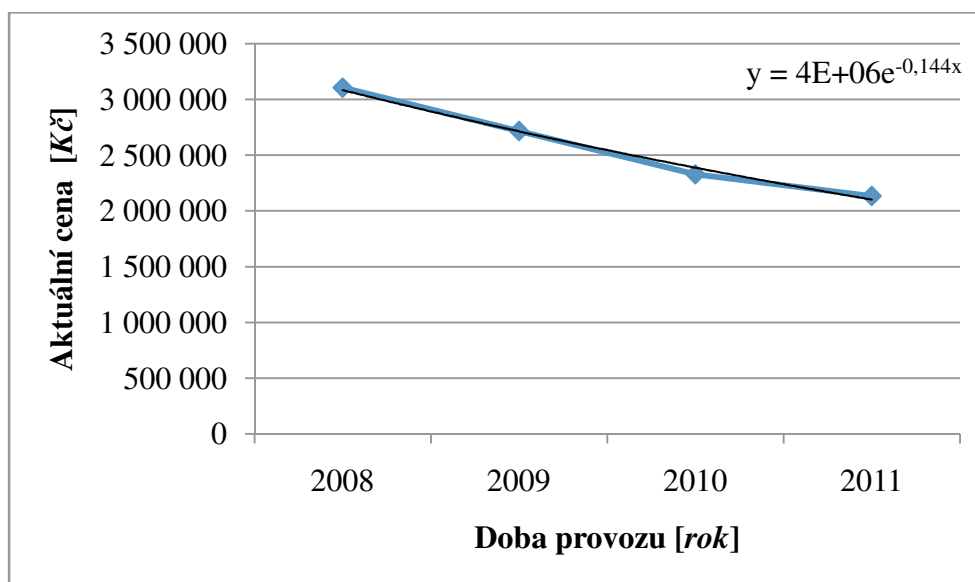
MERCEDES – BENZ AXOR, inv. č. 4719

Tabulka č. 16: Přehled cen u vozidla Mercedes – Benz

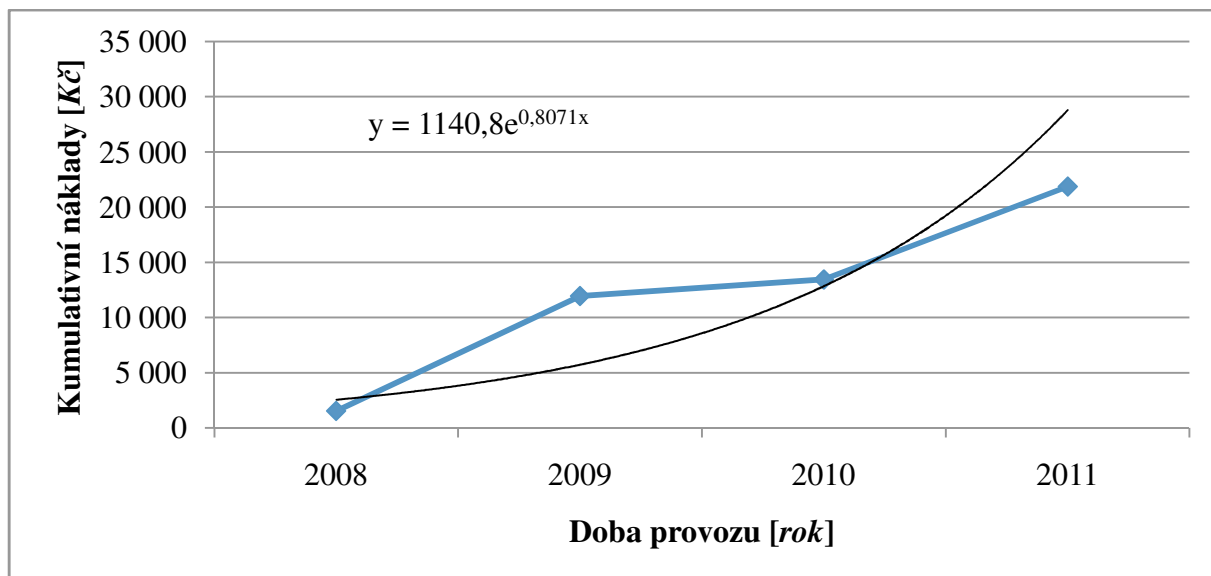
Stáří [rok]	Aktuální cena [Kč]	Kumulativní náklady [Kč]	Stav tachometru [km]
2008	3 105 861	1 543	1 798
2009	2 717 625	11 950	28 905
2010	2 329 389	13 448	51 130
2011	2 135 271	21 861	57 126

Aktuální cena klesá lineárně, po celou dobu se odepisuje stejná částka. V roce 2016 bude vozidlo celkově odepsáno a náklady na údržbu se počítají v kumulativní podobě.

Pomocí aplikace MS EXCEL a použití vzorce (5) lze zjistit optimální dobu životnosti vozidla. Pro výpočet pomohla v MS EXCEL ještě funkce „exponenciální spojnice trendů“, u které se zobrazila rovnice regrese a spolehlivost, což napomohlo určit koeficienty použité ve vzorci. Výsledek je zobrazen na grafech č. 29 a č. 30, které zobrazují pokles aktuální ceny vozidla a růst nákladů na údržbu za jednotlivé roky.



Graf č. 29: Pokles aktuální ceny vozidla



Graf č. 30: Kumulativní náklady na údržbu

Hodnoty vyplývající z výše uvedených grafů:

Koeficient klesající exponenciály	$\alpha = 0,144$
Nákupní cena dopravního prostředku	$C = 3\,105\,861\text{ Kč}$
Amplituda udržovacích nákladů	$A = 1\,140,8$
Koeficient rostoucí exponenciály	$\beta = 0,8071$

Dosazení do vzorce (2):

$$N_p(t) = C * e^{-\alpha * t} = 3\,105\,861 * e^{-0,144 * 3,5} = \mathbf{1\,876\,280\text{ Kč}}$$

Zde došlo ke zjištění hodnoty vozidla v polovině roku 2011. Vypočtené vozidlo by se dalo na trhu prodat za cenu 1 876 280 Kč. Tato hodnota bude neustále klesat v závislosti na cenách oprav vozidla.

Dosazení do vzorce (3):

$$N_u(t) = A * e^{\beta * t} = 1\,140,8 * e^{0,8071 * 3,5} = \mathbf{19\,232\text{ Kč}}$$

Tímto krokem lze zjistit, kolik stála údržba a opravy vozidla, aby bylo provozuschopné. Během 3,5 let provozu by se cena údržby dostala na částku 19 232 Kč.

Dosazení do vzorce (4):

$$N_c(t) = C * e^{-\alpha * t} + A * e^{\beta * t} = 3\,105\,861 * e^{-0,144 * 3,5} + 1\,140,8 * e^{0,8071 * 3,5}$$

$$N_c(t) = \mathbf{1\,895\,512\,Kč}$$

Zde došlo ke zjištění, jaká byla celková hodnota vozidla. Cena, která je platná k červenci roku 2011, byla 1 895 512 Kč.

Dosazení do vzorce (5):

$$t_{optim} = \frac{1}{\alpha + \beta} * \ln\left(\frac{\alpha * C}{\beta * A}\right) = \frac{1}{0,144 + 0,8071} * \ln\left(\frac{0,144 * 3\,105\,861}{0,8071 * 1\,140,8}\right) = \mathbf{6,5\,let}$$

Z grafu č. 30 jsou patrné kumulativní náklady, u kterých se dá předpokládat, že za pár let tyto náklady výrazně překročí nákupní cenu vozidla. Optimální životnost je v tomto případě na hodnotě 6,5 let, což s datem uvedení do provozu roku 2008 překročí vypočtenou životnost v první polovině roku 2014.

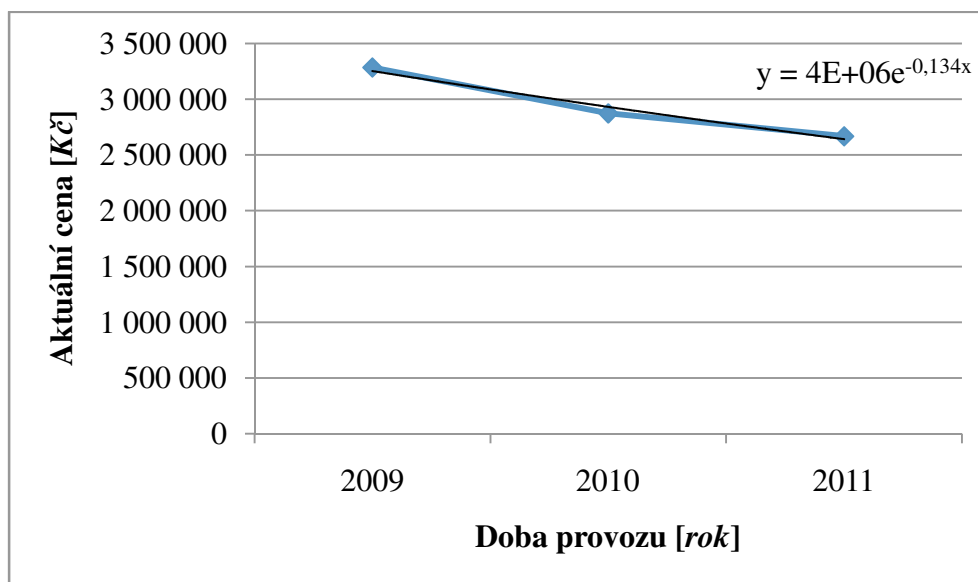
MERCEDES – BENZ AXOR, inv. č. 4717

Tabulka č. 17: Přehled cen u vozidla Mercedes – Benz

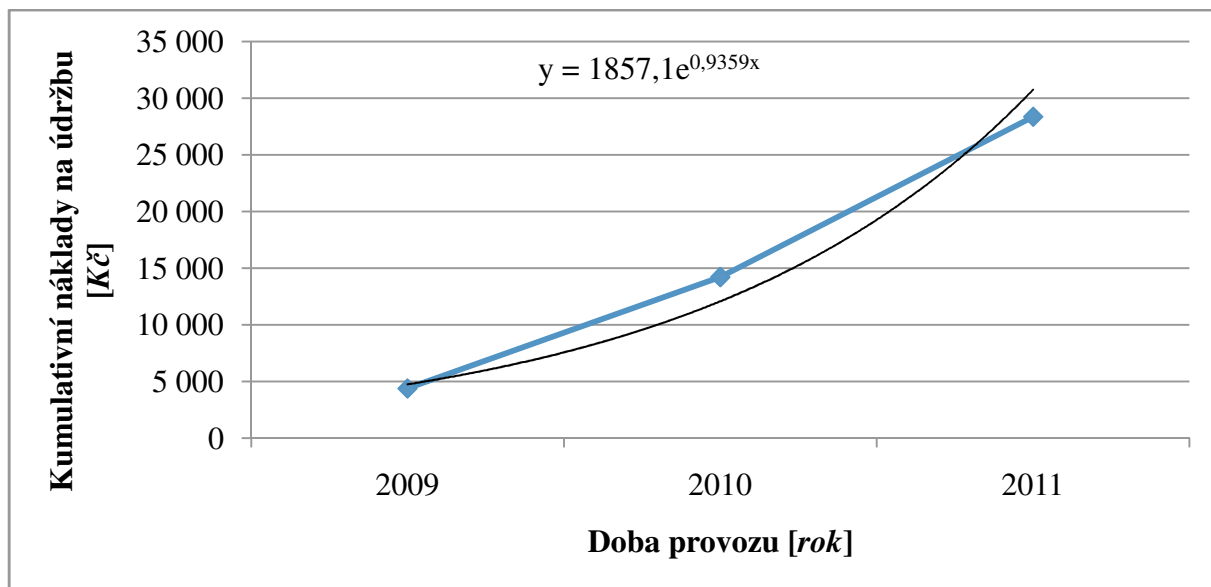
Stáří [rok]	Aktuální cena [Kč]	Kumulativní náklady [Kč]	Stav tachometru [km]
2009	3 285 783	4 364	3 941
2010	2 875 059	14 210	18 726
2011	2 669 697	28 366	27 582

Aktuální cena klesá lineárně, po celou dobu se odepisuje stejná částka. V roce 2017 bude vozidlo celkově odepsáno a náklady na údržbu se počítají v kumulativní podobě.

Pomocí aplikace MS EXCEL a použití vzorce (5) lze zjistit optimální dobu životnosti vozidla. Pro výpočet pomohla v MS EXCEL ještě funkce „exponenciální spojnice trendů“, u které se zobrazila rovnice regrese a spolehlivost, což napomohlo určit koeficienty použité ve vzorci. Výsledek je zobrazen na grafech č. 31 a č. 32, které zobrazují pokles aktuální ceny vozidla a růst nákladů na údržbu za jednotlivé roky.



Graf č. 31: Pokles aktuální ceny vozidla



Graf č. 32: Kumulativní náklady na údržbu

Hodnoty vyplývající z výše uvedených grafů:

Koeficient klesající exponenciály	$\alpha = 0,134$
Nákupní cena dopravního prostředku	$C = 3\,285\,783\text{ Kč}$
Amplituda udržovacích nákladů	$A = 1\,857,1$
Koeficient rostoucí exponenciály	$\beta = 0,9359$

Dosazení do vzorce (2):

$$N_p(t) = C * e^{-\alpha * t} = 3\,285\,783 * e^{-0,134 * 2,5} = \mathbf{2\,350\,446\text{ Kč}}$$

Zde došlo ke zjištění hodnoty vozidla v polovině roku 2011. Vypočtené vozidlo by se dalo na trhu prodat za cenu 2 350 446 Kč. Tato hodnota bude neustále klesat v závislosti na cenách oprav vozidla.

Dosazení do vzorce (3):

$$N_u(t) = A * e^{\beta * t} = 1\,857,1 * e^{0,9359 * 2,5} = \mathbf{19\,274\text{ Kč}}$$

Tímto krokem lze zjistit, kolik stála údržba a opravy vozidla, aby bylo provozuschopné. Během 2,5 let provozu by se cena údržby dostala na částku 19 274 Kč.

Dosazení do vzorce (4):

$$N_c(t) = C * e^{-\alpha * t} + A * e^{\beta * t} = 3\,285\,783 * e^{-0,134 * 2,5} + 1\,857,1 * e^{0,9359 * 2,5}$$

$$N_c(t) = \mathbf{2\,369\,720\,Kč}$$

Zde došlo ke zjištění, jaká byla celková hodnota vozidla. Cena, která je platná k červenci roku 2011, byla 2 369 720 Kč.

Dosazení do vzorce (5):

$$t_{optim} = \frac{1}{\alpha + \beta} * \ln\left(\frac{\alpha * C}{\beta * A}\right) = \frac{1}{0,134 + 0,9359} * \ln\left(\frac{0,134 * 3\,285\,783}{0,9359 * 1\,857,1}\right) = \mathbf{5,17\,let}$$

Z grafu č. 32 jsou patrné kumulativní náklady, u kterých se dá předpokládat, že za pár let tyto náklady výrazně překročí nákupní cenu vozidla. Optimální životnost je v tomto případě na hodnotě 5,17 let, což s datem uvedení do provozu roku 2009 překročí vypočtenou životnost v první polovině roku 2014.

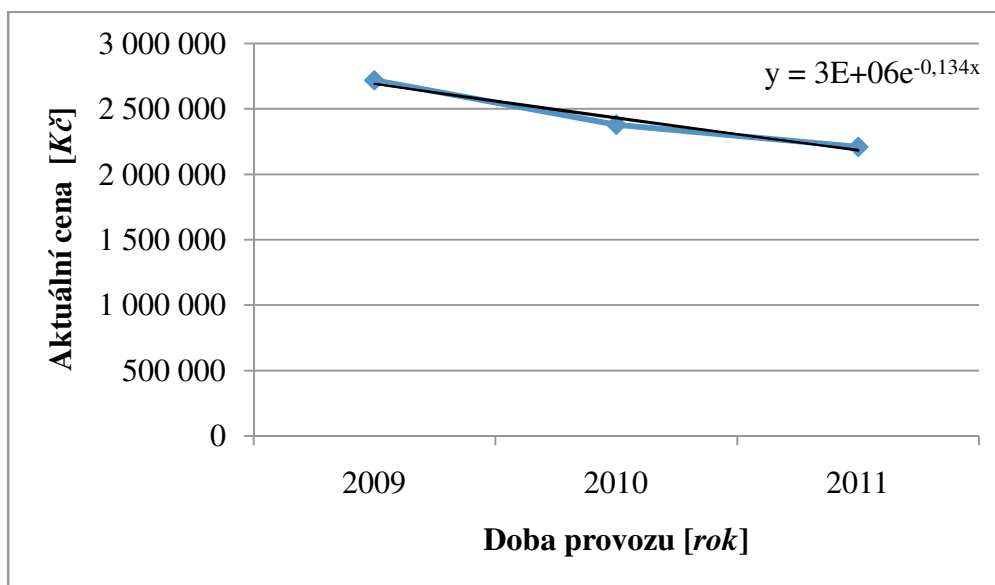
MERCEDES – BENZ AXOR, inv. č. 4720

Tabulka č. 18: Přehled cen u vozidla Mercedes – Benz

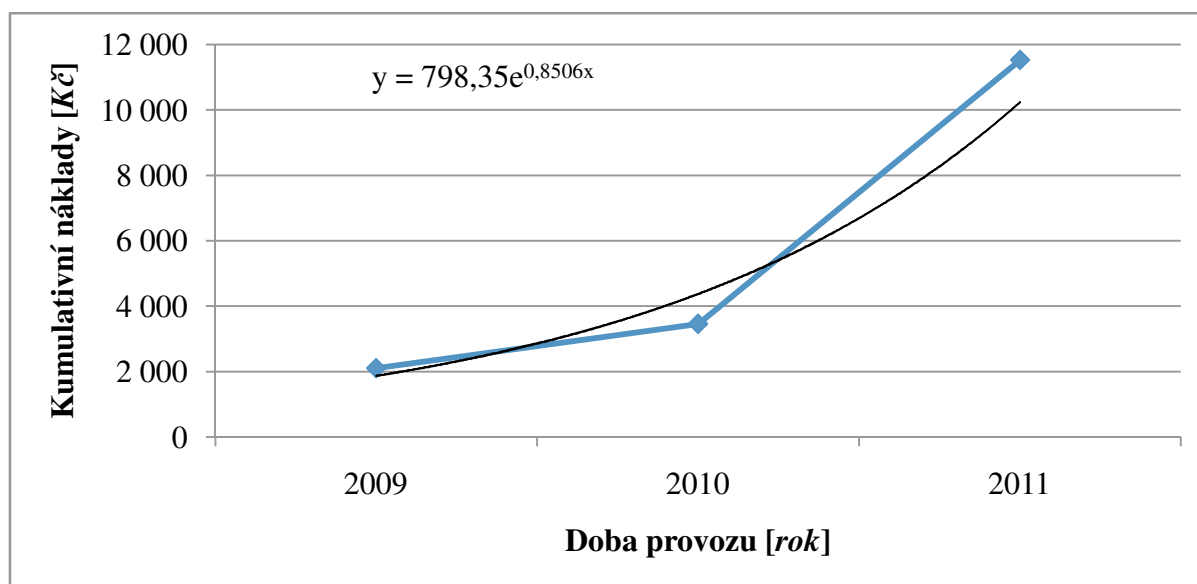
Stáří [rok]	Aktuální cena [Kč]	Kumulativní náklady [Kč]	Stav tachometru [km]
2009	2 719 031	2 103	5 048
2010	2 379 143	3 456	24 135
2011	2 209 199	11 526	33 569

Aktuální cena klesá lineárně, po celou dobu se odepisuje stejná částka. V roce 2017 bude vozidlo celkově odepsáno a náklady na údržbu se počítají v kumulativní podobě.

Pomocí aplikace MS EXCEL a použití vzorce (5) lze zjistit optimální dobu životnosti vozidla. Pro výpočet pomohla v MS EXCEL ještě funkce „exponenciální spojnice trendů“, u které se zobrazila rovnice regrese a spolehlivost, což napomohlo určit koeficienty použité ve vzorci. Výsledek je zobrazen na grafech č. 33 a č. 34, které zobrazují pokles aktuální ceny vozidla a růst nákladů na údržbu za jednotlivé roky.



Graf č. 33: Pokles aktuální ceny vozidla



Graf č. 34: Kumulativní náklady na údržbu

Hodnoty vyplývající z výše uvedených grafů:

Koeficient klesající exponenciály	$\alpha = 0,134$
Nákupní cena dopravního prostředku	$C = 2\,719\,031\text{ Kč}$
Amplituda udržovacích nákladů	$A = 798,35$
Koeficient rostoucí exponenciály	$\beta = 0,8506$

Dosazení do vzorce (2):

$$N_p(t) = C * e^{-\alpha * t} = 2\,719\,031 * e^{-0,134 * 2,5} = \mathbf{1\,945\,026\text{ Kč}}$$

Zde došlo ke zjištění hodnoty vozidla v polovině roku 2011. Vypočtené vozidlo by se dalo na trhu prodat za cenu 1 945 026 Kč. Tato hodnota bude neustále klesat v závislosti na cenách oprav vozidla.

Dosazení do vzorce (3):

$$N_u(t) = A * e^{\beta * t} = 798,35 * e^{0,8506 * 2,5} = \mathbf{6\,694\text{ Kč}}$$

Tímto krokem lze zjistit, kolik stála údržba a opravy vozidla, aby bylo provozuschopné. Během 2,5 let provozu by se cena údržby dostala na částku 6 694 Kč.

Dosazení do vzorce (4):

$$N_c(t) = C * e^{-\alpha * t} + A * e^{\beta * t} = 2\,719\,031 * e^{-0,134 * 2,5} + 798,35 * e^{0,8506 * 2,5}$$

$$N_c(t) = \mathbf{1\,951\,720\,Kč}$$

Zde došlo ke zjištění, jaká byla celková hodnota vozidla. Cena, která je platná k červenci roku 2011, byla 1 951 720 Kč.

Dosazení do vzorce (5):

$$t_{optim} = \frac{1}{\alpha + \beta} * \ln\left(\frac{\alpha * C}{\beta * A}\right) = \frac{1}{0,134 + 0,8506} * \ln\left(\frac{0,134 * 2\,719\,031}{0,8506 * 798,35}\right) = \mathbf{6,38\,let}$$

Z grafu č. 34 jsou patrné kumulativní náklady, u kterých se dá předpokládat, že za pár let tyto náklady výrazně překročí nákupní cenu vozidla. Optimální životnost je v tomto případě na hodnotě 6,38 let, což s datem uvedení do provozu roku 2009 překročí vypočtenou životnost v první polovině roku 2015.

Příloha P

Výpočet T-Studentova rozdělení pro vozidla Mercedes – Benz

Z již vypočtených optimálních životností vozidel Mercedes - Benz lze vypočítat aritmetický průměr ze vzorce (7):

$$T_s = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{7} * (6,68 + 7,76 + 4,39 + 6,5 + 5,17 + 6,38 + 7,8) = \mathbf{6,38 \text{ let}}$$

Počet stupňů volnosti u Studentova t-rozdělení je (n-1) a pro tento případ platí:

n-1 = počet stupňů volnosti

7-1 = počet stupňů volnosti

Výpočet redukovaného rozptylu výběru je proveden podle vztahu (8):

$$\begin{aligned} \delta_s &= \sqrt{\frac{\sum (x_i - T_s)^2}{n-1}} = \\ &= \sqrt{\frac{(6,68-6,38)^2 + (7,76-6,38)^2 + (4,39-6,38)^2 + (6,5-6,38)^2 + (5,17-6,38)^2 + (6,38-6,38)^2 + (7,8-6,38)^2}{7-1}} \\ \delta_s &= \mathbf{0,0074[-]} \end{aligned}$$

Výpočet Z- statistiky je proveden v programu MS EXCEL. Zde se využije funkce TINV, pro kterou se zadává:

- pravděpodobnost oboustranného Studentova rozdělení, které odpovídá číslu v rozmezí $<0;1>$. Pro odstranění chybových počítačových výpočtů je nutno vynásobit hladinu významnosti α dvojnásobkem.
- Počet stupňů volnosti odpovídá hodnotě 6 dle vztahu (n-1), kde n=7.

TINV (α ; n)

TINV (0,1; 6)

TINV = 1,9432

Pomocí této hodnoty je získatelná Z-statistika, která činí 1,9432.

K výpočtu horní hranice vyřazení vozidel je použit vztah (11):

$$T_h = Z * \frac{\delta_s}{\sqrt{n}} + x = 1,9432 * \frac{0,0074}{\sqrt{7}} + 6,38 = \mathbf{6,38 \text{ let}}$$

Vozidla značky Mercedes – Benz mají podle výpočtů horní hranici pro vyřazení stanovenou na 6,38 let.